

Consulting

Dipl.-Ing. D. Friedemann

Bericht Nr. 20-4309 / 01

Gorkistraße, Abschnitt Volksgartenstraße - Löbauer Straße Untersuchung zu betriebsbedingten Erschütterungsimmissionen (Messung und Prognose)

Stand: 27.05.2021



Bearbeitet von Dipl.-Ing. L. Wiedemann

für

Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH
Georgiring 3
04103 Leipzig

Ergebnisübersicht

Die Leipziger Verkehrsbetriebe planen im Rahmen der Verkehrsbaumaßnahme "Gorkistraße zwischen Kohlweg und Ossietzkystraße" im Abschnitt Volksgartenstraße - Löbauer Straße den Umbau der Verkehrsanlage einschließlich der Straßenbahn-Betriebsanlage.

Zum Planungsverfahren wurde eine erschütterungstechnische Untersuchung durchgeführt. Diese umfasst Beweissicherungsmessungen im Ist-Zustand und eine Prognose für den geplanten Zustand. Für Messung und Prognose wurden zwei für den Untersuchungsabschnitt repräsentative Gebäude sowie ein Erdboden-Querprofil ausgewählt.

Die Erschütterungsprognose nach DIN 4150 hat für die Einwirkung auf Menschen in Gebäuden ergeben, dass in einem Erschütterungskorridor von 10 - 11 m zum nächstliegenden Gleis der untere Anhaltswert A_u nachts der DIN 4150-2 erreicht oder überschritten wird. Alle Gebäude mit schutzbedürftiger Nutzung innerhalb dieses Erschütterungs-Einwirkungsbereiches sind im Bericht aufgelistet.

Jedoch halten die unter Berücksichtigung der geplanten Verkehrsbelegung für das Bauvorhaben berechneten bewerteten Beurteilungsschwingstärken KB_{FT} die Anhaltswerte A_r der DIN 4150-2 für Allgemeine Wohngebiete tags und nachts ein.

Auch unterschreiten die berechneten sekundären Luftschallpegel die zulässigen Innenpegel für Wohnräume in Anlehnung an die 24. BImSchV.

Damit werden durch das geplante Bauvorhaben keine Belästigungen von Menschen in Gebäuden verursacht.

Die für Fundament bzw. Geschossdecke prognostizierten maximalen Schwinggeschwindigkeiten liegen deutlich unter den Anhaltswerten der Norm DIN 4150-3 für Wohngebäude. Gebäudeschäden durch den Straßenbahnverkehr sind an allen im Untersuchungsbereich liegenden Gebäuden sicher auszuschließen.

Bauliche Maßnahmen zum Erschütterungsschutz sind nicht erforderlich.

Der Bericht enthält 107 Seiten inklusive 6 Anhänge.

Dresden, den 27.05.2021

cdf Schallschutz

Dipl.-Ing. L. Wiedemann
(Ltr. Prüfstelle Erschütterungen)

Dipl.-Ing. D. Friedemann
(Stellv. Prüfstelle Erschütterungen)



Inhaltsverzeichnis

1. Situation und Aufgabenstellung	5
2. Berechnungs- und Beurteilungsgrundlagen	6
2.1. Erschütterungs-Einwirkung auf Menschen in Gebäuden	6
2.2. Erschütterungs-Einwirkung auf bauliche Anlagen	11
2.3. Sekundärer Luftschall	12
3. Verfahren der Erschütterungsprognose	14
3.1. Prognoseverfahren	15
3.2. Prinzipiell mögliche Maßnahmen zum Erschütterungsschutz	16
3.3. Qualität der Prognose	17
4. Emissionsdaten des Straßenbahnverkehrs	18
4.1. Oberbau	18
4.2. Trassierung	18
4.3. Terzspektren	19
4.4. Verkehrsbelegung, Geschwindigkeit	20
5. Messungen	21
5.1. Messverfahren und Randbedingungen	21
5.2. Messobjekte	22
5.3. Ergebnisse für den Ist-Zustand	23
6. Erschütterungsprognose Straßenbahnverkehr und Bewertung	25
6.1. Einwirkungsbereich	25
6.2. Prognose für ausgewählte repräsentative Gebäude	27
6.2.1. Einwirkung auf Menschen in Gebäuden	27
6.2.2. Einwirkung auf Gebäude	29
6.3. Zusammenfassende Bewertung - Einwirkung auf Menschen in Gebäuden	30
6.4. Zusammenfassende Bewertung - sekundärer Luftschall	31
6.5. Zusammenfassende Bewertung - Gebäudeschäden	31
6.6. Fazit der Bewertungen	32
6.7. Erschütterungseinwirkung des Straßenverkehrs	32
7. Normen und Literatur	33
8. Anhänge	34

Anhang 1	Lageplan, Flächennutzungsplan	35
Anhang 2	Oberbau	40
Anhang 3	Verkehrsmengen und Geschwindigkeiten	42
Anhang 4	Emissionsdaten der Straßenbahn (Messung Ist-Zustand).....	43
Anhang 4.1	Messprotokoll.....	43
Anhang 4.2	Messwerte des Straßenbahnverkehrs, Gorkistraße 41	53
Anhang 4.3	Messwerte des Straßenbahnverkehrs, Gorkistraße 29	63
Anhang 4.4	Messwerte des Straßenbahnverkehrs, Erdboden.....	74
Anhang 4.5	Erschütterungs-Emissionsspektren	78
Anhang 4.6	Ausbreitungsdämpfung des Erdbodens.....	81
Anhang 4.7	Gebäudeübertragungsfunktionen	85
Anhang 5	Erschütterungsprognose.....	88
Anhang 5.1	Prognose für Gebäude Gorkistraße 29.....	88
Anhang 5.2	Prognose für Gebäude Gorkistraße 41	93
Anhang 5.3	Prognose für Gebäude mit größter Annäherung.....	98
Anhang 5.4	Prognose für Einwirkungsbereich - Gebäude	103
Anhang 6	Lageplan des Einwirkungsbereiches ($KB_{F_{max}} > A_u$).....	106

1. Situation und Aufgabenstellung

Im Rahmen der Verkehrsbaumaßnahme "Gorkistraße zwischen Kohlweg und Ossietzkystraße" der Leipziger Verkehrsbetriebe wird der Umbau der Verkehrsanlage einschließlich der Straßenbahn-Betriebsanlage geplant.

Zur Prüfung der Auswirkungen des Bauvorhabens auf die während des Straßenbahnbetriebes in der Nachbarschaft verursachten Schwingungen/Erschütterungen ist eine erschütterungstechnische Untersuchung durchzuführen. In einem erschütterungstechnischen Gutachten sind die im gegenwärtigen Zustand und nach der Baumaßnahme vorhandenen Erschütterungs-Immissionen zu ermitteln und nach DIN 4150 zu bewerten (Teil 2 - Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden [4], Teil 3 - Einwirkungen auf Gebäude [5]).

Der zu untersuchende Bereich von ca. 230 m Länge befindet sich in der Gorkistraße zwischen der Volksgartenstraße und der Löbauer Straße im Stadtteil Schönefeld. Im untersuchten Abschnitt steht nur eine geringe Gesamt-Querschnittsbreite von 13 m zur Verfügung. Die Trassierung wird von der Seiten- zur Mittenlage verändert. Es erfolgt eine asymmetrische Aufweitung des Gleismittenabstandes auf 2,80 m.

Die benachbarte schutzbedürftige Bebauung befindet sich auf beiden Seiten der in Nordost-Südwest-Richtung verlaufenden Straße in Abständen zwischen 3,5 m und > 17 m zur Achse des jeweils nächstgelegenen Richtungsgleises (vgl. Anhang 5.4, Seite 103).

Die Untersuchung basiert auf Erschütterungsmessungen im Ist-Zustand. Diese dienen der Dokumentation des bestehenden Zustandes sowie der Ermittlung der Emissionsspektren. Für die Messungen wurden zwei als repräsentativ für die Bebauung eingeschätzte Gebäude sowie je ein unbebauter Bereich mit dem Bestands- sowie dem Plan-Oberbau ausgewählt.

Die Ausgangsdaten, die Vorgehensweise und die Ergebnisse der erschütterungstechnischen Untersuchung werden nachfolgend dargestellt.

2. Berechnungs- und Beurteilungsgrundlagen

Als Erschütterungen werden Schwingungen im Bereich von 1 bis 80 Hertz bezeichnet. Bei der Ermittlung und Bewertung der Erschütterungseinwirkungen wird zwischen den Einwirkungen auf den Menschen (Gesundheitsschutz) und den Einwirkungen auf das Gebäude (Gebäudeschäden) unterschieden.

2.1. Erschütterungs-Einwirkung auf Menschen in Gebäuden

Erschütterungen sind mechanische Schwingungen der Gebäudestruktur, die vom Betroffenen überwiegend als Relativbewegungen zwischen Körper und Bauwerk empfunden werden. Die für den Menschen am stärksten wahrnehmbaren Erschütterungen treten erfahrungsgemäß auf den Geschossdecken (mittig im Raum) auf.

Hierfür wird die bewertete Schwingstärke KB verwendet, die aus der Messgröße Schwinggeschwindigkeit v im Frequenzbereich 1 bis 80 Hz ermittelt wird.

Für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen an Schienenverkehrswegen (wie auch an anderen Verkehrswegen) sind bisher gesetzlich festgelegte **Grenzwerte** nicht vorhanden.

In der DIN 4150, Teil 2 (DIN 4150-2, [4]) sind jedoch folgende **Anhaltswerte** zur Beurteilung angegeben:

Tab. 1 Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungen nach DIN 4150, Teil 2 für oberirdischen Schienenverkehr

Zeile	Einwirkungsort/ Gebietseinteilung nach BauNVO		A_u	A_o	A_r	A_u	$A_o^{*)}$	A_r
			tags			nachts		
1	ausschließlich Gewerbe	GI	0,40	6,0	0,20	0,30	0,6	0,15
2	vorwiegend Gewerbe	GE	0,30	6,0	0,15	0,20	0,6	0,10
3	Mischgebiet	MI	0,20	5,0	0,10	0,15	0,6	0,07
4	Wohngebiet	WA,WR	0,15	3,0	0,07	0,10	0,6	0,05
5	Sondergebiet	SK	0,10	3,0	0,05	0,10	0,6	0,05

Legende:

A_u unterer Anhaltswert

A_o oberer Anhaltswert; *) hier gebietsunabhängig $A_o = 0,6$

A_r Anhaltswert zum Vergleich mit der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTT}

Für oberirdische Schienenwege des ÖPNV gelten auf das 1,5-fache der Werte A_u und A_r nach Tab. 1 erhöhte Anhaltswerte:

Tab. 2 Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungen nach DIN 4150, Teil 2 für ÖPNV

Zeile	Einwirkungsort/ Gebietseinteilung nach BauNVO		A_u	A_o	A_r	A_u	$A_o^{*)}$	A_r
			tags			nachts		
1	ausschließlich Gewerbe	GI	0,60	6,0	0,30	0,45	0,6	0,225
2	vorwiegend Gewerbe	GE	0,45	6,0	0,225	0,30	0,6	0,15
3	Mischgebiet	MI	0,30	5,0	0,15	0,225	0,6	0,11
4	Wohngebiet	WA,WR	0,225	3,0	0,105	0,15	0,6	0,075
5	Sondergebiet	SK	0,15	3,0	0,08	0,15	0,6	0,08

Legende:

A_u unterer Anhaltswert

A_o oberer Anhaltswert; *) hier gebietsunabhängig $A_o = 0,6$

A_r Anhaltswert zum Vergleich mit der Beurteilungsschwingstärke KB_{FT}

Beurteilungsverfahren nach DIN 4150, Teil 2

Für den Vergleich der Messergebnisse mit den Anhaltswerten ist die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} bzw. die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} zu verwenden, die aus Messwerten der Erschütterungen im Raum des Betroffenen ermittelt werden. Dabei ist jeweils die größte Richtungskomponente an einem Messpunkt der Beurteilung zugrunde zu legen. Das Verfahren des nachstehenden Flussdiagramms ist einzuhalten.

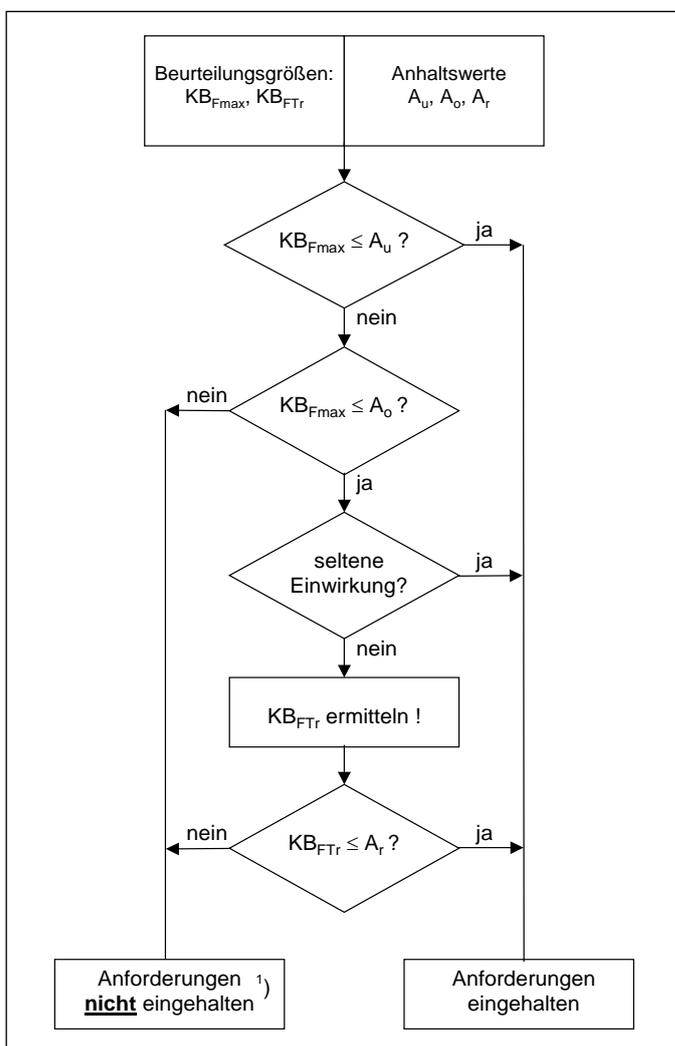


Bild 1 Flussdiagramm für das Beurteilungsverfahren nach DIN 4150, Teil 2 (Neubaustrecken)

Liegen die maximalen Schwingstärken KB_{Fmax} der Schienenfahrzeug-Vorbeifahrten unter dem in Tab. 1 benannten (unteren) Anhaltswert A_u , so sind die Anforderungen der Norm eingehalten und es treten erfahrungsgemäß keine erheblichen Belästigungen auf. Bei Nichteinhaltung ist die Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} erforderlich. Dabei wird die Häufigkeit der Einwirkungen berücksichtigt und es erfolgt der Vergleich mit den Anhaltswerten A_r .

- ¹⁾ Nach der DIN 4150-2 hat der obere Anhaltswert A_o (im Gegensatz zu dem in Bild 1 dargestellten allgemeinen Flussdiagramm) nicht die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten gelten. Liegen nachts einzelne $KB_{FT,r}$ -Werte über dem oberen Anhaltswert A_o , so ist nach der Ursache zu forschen (z. B. Flachstellen an den Rädern) und diese möglichst rasch zu beheben. Diese hohen Werte sind bei der Bildung der Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{FT,r}$ zu berücksichtigen.

Für **bestehende Verkehrswege** mit Erschütterungs-Vorbelastung der Nachbarschaft gibt die Norm DIN 4150-2 keine Anforderungen vor. Die Beurteilung bei Ausbauvorhaben erfolgt entsprechend der Richtlinie der DB AG [9]. Grundprinzip ist dabei die Prüfung, ob sich durch ein Bauvorhaben eine wesentliche Verschlechterung der Erschütterungssituation in der betroffenen Nachbarschaft ergibt.

Ausgehend vom Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes vom Dezember 2010 [10] ist bei Ausbaustrecken die Erschütterungs-Immission nach Inbetriebnahme (Prognose-Planfall) gegenüber dem Zustand ohne Baumaßnahme (Prognose-Nullfall) nicht fühlbar erhöht, wenn die vorhabensbedingte Erhöhung der Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{FT,r}$ weniger als 25% beträgt. Bei sehr erheblicher Vorbelastung (deutlich mehr als das 1,5-fache der Anhaltswerte für Industriegebiete) kann der Schwellwert einzelfallbezogen niedriger als 25% angesetzt werden.

Abschnitte mit Beurteilungsschwingstärken mit $KB_{FT,r}$ ab einem Bereich von 1,1 tags und 0,7 nachts als Vorbelastung, die vorhabensbedingt ansteigt, sind gutachterlich besonders zu untersuchen [14].

Die Erschütterungsprognose erfolgt daher für **Ausbauvorhaben** auf folgender Grundlage:

- Werden die Anhaltswerte A_u und A_r nach DIN 4150-2, Tab. 1 im Plan-Zustand unterschritten, ist die Anforderung an den Erschütterungsschutz eingehalten.
- Werden die Anhaltswerte A_r oder A_o überschritten, wird die vorhabensbedingte Erhöhung der Erschütterungs-Immission auf die Erhöhung um 25% geprüft.

Wird eine Erhöhung der Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{FT,r}$ um $< 25\%$ gegenüber dem Zustand ohne Ausbau berechnet, liegt keine wesentliche Änderung vor, und die Anforderung an den Erschütterungsschutz wird eingehalten. Bei größeren vorhabensbedingten Erhöhungen der Erschütterungs-Immission sind Schutzmaßnahmen oder Entschädigungen zu prüfen.

Die Beurteilungsschwingstärke KB_{FT_r} berechnet sich mit

$$KB_{FT_r} = \sqrt{\frac{1}{T_r} (T_{e,j} KB_{FTm,j}^2)} \quad \text{Gl.(1)}$$

T_r Beurteilungszeitraum

tags 6:00 - 22:00 Uhr (57600 s), nachts 22:00 Uhr - 6:00 Uhr (28800 s)

$T_{e,j}$ Einwirkungszeit des Ereignisses j innerhalb des Beurteilungszeitraumes (1 Zugfahrt = 1 Takt von 30 s)

$KB_{FTm,j}$ Taktmaximal-Effektivwert nach Gl.(2) für die Einwirkungszeit $T_{e,j}$

und

$$KB_{FTm} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N KB_{FTi}^2} \quad \text{Gl.(2)}$$

KB_{FTi} Maximalwert der bewerteten Schwingstärke in einem Taktzeitraum i von 30 s

N Anzahl der Takte

Subjektive Wahrnehmung

Gemäß DIN 4150-2 ist bei Einhaltung der Anhaltswerte zu erwarten, dass "erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden".

In DIN 4150-2 wird ausgeführt, dass in der Umgebungssituation „Wohnen“ auch bereits gerade spürbare Erschütterungen von $KB = 0,1 - 0,2$ als störend empfunden werden und Erschütterungseinwirkungen um $KB = 0,3$ bei ruhigem Aufenthalt in Wohnungen überwiegend bereits als gut spürbar und störend wahrgenommen werden.

2.2. Erschütterungs-Einwirkung auf bauliche Anlagen

Die Wirkung von Erschütterungen auf die Gebäudestruktur wird durch die Messung des Spitzenwertes (Maximalwert des Zeitverlaufes der Schwinggeschwindigkeit $v_i(t)$) am Gebäudefundament beurteilt. Die DIN 4150, Teil 3 [5] legt Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung kurzzeitiger Erschütterungen fest. Werden die Anhaltswerte nicht überschritten, treten im allgemeinen keine Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes auf, deren Ursachen auf die Erschütterungen zurückzuführen wären.

Anhand des Bauzustandes, der Nutzung und des Alters des Gebäudes werden in der DIN 4150-3 folgende Anhaltswerte angegeben:

Tab. 3 Anhaltswerte für Schwinggeschwindigkeiten zur Beurteilung der Wirkung auf Gebäude

Zeile	Gebäudeart	Kurzzeitige Erschütterungen				
		Fundament, horizontal, vertikal Frequenzen in Hz ***			Oberste Deckenebene, horizontal	Vertikale Deckenschwingung
		1 - 10	10 - 50	50 - 100 *	alle Freq.	alle Freq.
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten	20	20 - 40	40 - 50	40	20
2	Wohngebäude und in Konstruktion/Nutzung ähnliche Bauten	5	5 - 15	15 - 20	15	20
3	Besonders empfindliche Bauten, denkmalgeschützte Bauten	3	3 - 8	8 - 10	8	20 **

* Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.

** Bei dieser Gebäudeart kann zur Verhinderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung des Anhaltswertes notwendig werden.

*** Die Immissionswerte für Frequenzen zwischen 10 und 50 Hz sowie zwischen 50 und 100 Hz sind durch lineare Interpolation zwischen den Immissionswerten der jeweiligen Zeilen zu ermitteln.

Die durch Schienenverkehr (einschließlich Straßenbahn) an Gebäuden bewirkten Schwinggeschwindigkeiten unterschreiten nach allgemeiner fachlicher Erfahrung im üblichen Abstandsbereich ≥ 10 m die o.g. Anhaltswerte deutlich.

2.3. Sekundärer Luftschall

Als sekundärer Luftschall wird die durch Schwingungen von Wänden und Decken verursachte Schallabstrahlung innerhalb von Gebäuden bezeichnet. Als Berechnungsgrundlage dient ein durch Messreihen ermittelter Zusammenhang zwischen der Schwingungsgeschwindigkeit der Geschossdecke und dem sekundären Luftschallpegel. Die Bezeichnung „sekundär“ dient der Unterscheidung gegenüber dem direkten Schalldurchgang von einer äußeren Lärmquelle über Außenbauteile in das Gebäudeinnere.

Zur Bewertung des sekundären Luftschalls liegen bisher keine verbindlichen Anforderungen oder Grenzwerte vor. Für die Beurteilung wird entsprechend [9] der berechnete sekundäre Luftschallpegel hilfsweise mit den zulässigen Innengeräuschpegeln für Wohn- und Schlafräume verglichen, die in der 24. BImSchV [3] zur Dimensionierung von passiven Schallschutzmaßnahmen angewendet werden:

Tab. 4 Aus der 24. BImSchV für die Raumnutzung abgeleitete höchstzulässige Innenpegel

Raumnutzung	Korrektursummand D in dB	zumutbarer Innen- raumpegel in dB(A)
Räume, die überwiegend zum Schlafen benutzt werden	27	30
Wohnräume; Behandlungs- und Untersuchungsräume in Arztpraxen, Operationsräume, wissenschaft. Arbeitsräume, Leseräume in Bibliotheken, Unterrichtsräume	37	40
Konferenz- und Vortragsräume, Büroräume, allgemeine Laborräume	42	45
Großraumbüros, Schalterräume, Druckerräume von DV-Anlagen, soweit dort ständige Arbeitsplätze vorhanden sind	47	50
Sonstige Räume, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind	entsprechend der Schutzbedürftigkeit der jeweiligen Nutzung festzusetzen	

Dieses Vorgehen wird vom Bundesverwaltungsgericht (Urteil vom Dezember 2010 [10]) akzeptiert.

Eine Summierung und zusammenfassende Beurteilung von primärem und sekundärem Luftschall ist z. B. gemäß der DB AG-Richtlinie 820.2050 [9], den Festlegungen des Eisenbahn-Bundesamtes sowie der Rechtsprechung nicht vorgesehen. Für ÖPNV und Straßenbahn sind keine davon abweichenden Regelungen bekannt.

Die Berechnung des sekundären Luftschallpegels L_{sek} wird wie folgt vorgenommen:

- Erschütterungs-Immissionsspektrum (Mitte der Geschossdecke)
 L_v in dB re. $5 \cdot 10^{-5}$ mm/s in den Terzbändern 4 - 315 Hz
als mittlerer Maximalpegel je Zuggattung
- A-Bewertung des L_v -Terzspektrums und Aufsummierung der Terzwerte 20 - 315 Hz
- Berechnung des sekundären Luftschallpegels L_{sek} aus L_{vA} nach der Gleichung

$$L_{\text{sek}} = a \cdot L_{vA} + b$$

mit folgenden Koeffizienten ([9], A02, Seite 34):

	a	b
Holzbalkendecken	0,47	19,88
Betondecken	0,60	15,75

- Berechnung des Beurteilungspegels $L_{r,\text{sek}}$ unter Berücksichtigung der Zugzahlen und Beurteilungszeiträume tags / nachts

3. Verfahren der Erschütterungsprognose

Zur Untersuchung der erschütterungstechnischen Auswirkung des Bauvorhabens erfolgt die Berechnung eines Erschütterungskorridors, innerhalb dessen mit Belästigungen durch Erschütterungen gerechnet werden muss. Für die Bebauung außerhalb des Erschütterungskorridors sind im Allgemeinen keine Belästigungen oder gar gebäudeschädigende Erschütterungen zu erwarten.

Da eine vollständige Erfassung der Erschütterungssituation durch Messungen an allen Gebäuden nicht möglich ist, werden die Untersuchungen an als repräsentativ für die Bebauung ausgewählten Gebäuden sowie im Erdboden (Ausbreitungsmessung) durchgeführt.

Nach Ortsbegehung und Prüfung der Bebauung werden die **Gebäude Gorkistraße 29** und **Gorkistraße 41** als repräsentativ für den Untersuchungsbereich hinsichtlich folgender Kriterien angesehen:

- geringster Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse im Ist- und Plan-Zustand
- mehrgeschossige Bauten mit Wohnungen in allen Etagen.
- je ein Gebäude mit Massivdecken (Nr. 41) bzw. Holzbalkendecken (Nr. 29)

Auf der Grundlage der Messergebnisse wird im Abschnitt 6 eine Erschütterungsprognose für ausgewählte Gebäude durchgeführt. Dabei werden die maximal zu erwartenden Erschütterungen in den schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen infolge des Straßenbahnverkehrs nach Realisierung des Vorhabens rechnerisch ermittelt.

Aufgrund der höheren Schwankungsbreite der Eigenfrequenzen (Resonanzen) und der inneren Dämpfung sind die Prognoseergebnisse speziell bei Holzbalkendecken nicht zahlenmäßig 1 : 1 von einem Gebäude auf ein anderes Gebäude übertragbar. Wegen der o.g. Kriterien und der konservativen Prognoseansätze kann jedoch eingeschätzt werden, dass in den übrigen Gebäuden des Untersuchungsbereiches nach Realisierung des Bauvorhabens vergleichbare oder geringere Erschütterungseinwirkungen vorliegen.

Für **weitere Gebäude** innerhalb des Erschütterungskorridors erfolgt eine Prognose der Erschütterungen dahingehend, ob diese im Abstandsbereich liegen, in welchem der untere Anhaltswert A_v nach DIN 4105-2 überschritten wird.

Die Grundlage dafür bilden die im Rahmen von Messungen an der bestehenden Strecke im Ist-Zustand (Gorkistraße) sowie an einem Abschnitt mit dem für die Gorkistraße zukünftig

geplanten Oberbau (Böhlitz-Ehrenberg) gewonnenen Emissionsspektren sowie die bei einer Messung nahe des Vorhabens ermittelte Boden-Ausbreitungsdämpfung.

Die sich zwischen den Ausgangsdaten der Messung und dem konkreten Vorhaben ergebenden Parameteränderungen (z. B. Abstands- und Geschwindigkeitsänderungen, Zugzahlen) werden rechnerisch berücksichtigt.

3.1. Prognoseverfahren

Für die Erschütterungsprognose wird der Zugverkehr entsprechend der angegebenen Verkehrsdaten auf die beiden Gleise mit dem jeweiligen Abstand zum Wohngebäude gelegt.

Es erfolgen dann die Berechnungen für den Prognose-Planfall:

- Terzspektren des mittleren Maximalpegels der Schwinggeschwindigkeit $L_{v,8m}$ am Emissionsmesspunkt (8m-Punkt)
Einfluss der Fahrzeuggeschwindigkeit V auf den Erschütterungs-Emissionspegel L_v :
nach Tabelle 14.8, Zeile 1 in [13]: $\Delta L_v = 20 \log (V_1 / V_2)$ dB
- Terzpegel-Differenzen des Ausbreitungsweges zu Fundament und Geschossdecken des untersuchten Gebäudes ($\Delta L_{vB,G}$ aus Bodendämpfung)
- Terzband-Korrekturwerte $\Delta L_{v,d}$ für vorhabensbedingte Abstandsänderung (aus den Messungen der Boden-Ausbreitungseigenschaften)
- Terzband-Korrekturwerte $\Delta L_{v,v}$ für geplante Geschwindigkeitsänderung (rechnerisch nach [13] s.o.)
- Prognose-Terzspektren $L_{v,Prog}$ des mittleren Maximalpegels der Schwinggeschwindigkeit im untersuchten Gebäude: $L_{v,Prog} = L_{v,8m} + \Delta L_{vB,G} + \Delta L_{v,v}$
- Berechnung der bewerteten Schwingstärke $KB_{FTm(Prog)}$ und der Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{FTr(Prog)}$ unter Berücksichtigung der Verkehrsmenge und Einwirkzeit
- bei Überschreitung der Anhaltswerte A_u nach DIN 4150-2:
Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} unter Berücksichtigung der Zugzahlen und Beurteilungszeiträume tags / nachts;
- Prognose des sekundären Luftschallpegels L_{sek}

Für die Erschütterungsprognose erfolgt im Bedarfsfall - sofern die bei den jeweiligen Emissionsmessungen gefahrenen Geschwindigkeiten von denen im Null- oder Plan-Fall abweichen - eine Umrechnung gemäß [13] auf die Plan-Geschwindigkeit. Ändert sich der Abstand zwischen Gebäude und Gleisachse, so erfolgt eine Umrechnung der Bodendämpfung entsprechend des Abstandes vom Emissions-Messpunkt auf den Plan-Zustand (am untersuchten Gebäude).

Die verwendeten Erschütterungs-Emissionsspektren sind in Anhang 4.5 dargestellt.

Die Fahrzeuglänge geht in die Prognoserechnung der Schwingstärke KB nicht direkt ein: In der Prognoserechnung der Schwingstärke KB_{FT} wird ein Zeittakt von 30 Sekunden je Vorbeifahrt berücksichtigt. Dieser Zeittakt schließt die realen Vorbeifahrtzeiten aller Fahrzeugtypen sicher ein, vgl. 2.1 Gleichung 1.

3.2. Prinzipiell mögliche Maßnahmen zum Erschütterungsschutz

Werden für einzelne Gebäude Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungseinwirkung erforderlich, so ist für jeden Einzelfall zu prüfen, ob eine ausreichende Wirkung zu erwarten ist und ob die Aufwendungen in einem angemessenen Verhältnis zum Schutzzweck stehen.

Zu den bautechnischen, erschütterungsmindernden Maßnahmen gehören grundsätzlich:

- Elastische Lagerung des Oberbaus (Unterschottermatten, Masse-Feder-Systeme)
- Elastische Lagerung der Schienen
- Elastische Ummantelung der Schwellen
- Elastische Lagerung des Gebäudes
- Veränderung der Gebäudedecken-Resonanzfrequenz

Der frequenzabhängige Vergleich der Wirkung verschiedener erschütterungsmindernder Oberbauformen ist z. B. in [13] in Form von Diagrammen dargestellt.

3.3. Qualität der Prognose

Einige, insbesondere bautechnische Parameter der Erschütterungs-Prognoserechnung sind in der Planungsphase mit Unsicherheiten behaftet. Die betrifft vor allem den Ausbreitungsweg (Oberbau, Ankopplung des Oberbaus an den Untergrund, Ausbreitungsverhältnisse auf dem Weg zum Immissionsort).

Die Prognoseergebnisse stellen daher eine Abschätzung auf der sicheren Seite dar:

1. Die messtechnisch bedingte Unsicherheit bei der Ermittlung von KB-Schwingungswerten kann gemäß DIN 4150-2, 5.4 bis zu 15% betragen. Daher erfolgt bei der Berechnung der KB-Werte ein Zuschlag von +15% auf alle Einzahlwerte.
2. Nicht berücksichtigt wird die tendenziell erschütterungsmindernde Wirkung eines neu errichteten Oberbaus im Vergleich zum Bestand bei gleichem Bautyp (Neuerrichtung eines erschütterungstechnisch gleichwertigen Oberbaus an gleicher Stelle = Minderungswirkung von ca. 5 dB gegenüber dem Zustand vor der Baumaßnahme).

4. Emissionsdaten des Straßenbahnverkehrs

Vom Auftraggeber wurden folgende Informationen als Grundlagen der Prognose übergeben:

- Vorhabensbeschreibung (Erläuterungsbericht zur Planfeststellung [17])
- Verkehrsbelegung und Fahrgeschwindigkeiten
- Trassierungsentwurf einschließlich angrenzender Bebauung

4.1. Oberbau

Im Plan-Zustand ist der Oberbau-Typ "eingedecktes Querschwellengleis" vorgesehen. Im Rahmen der Baumaßnahme wird folgender neuer Aufbau mit einem Gleismittenabstand GMA von 2,80 m (Strecke) bzw. von 3,00 m (Brücke) hergestellt:

Tab. 5 Oberbau-Ausführung Gorkistraße zwischen Volksgartenstraße und Löbauer Straße

Zustand	Aufbau
Ist	<ul style="list-style-type: none"> - 180 mm Rillenschiene Ri60N (Spurhaltergleis, Rahmengleis) - 30 mm bituminöse Schienenuntergussmasse - 200 mm Betontragschicht - 120 mm Sauberkeitsschicht 0/32 - Geotextil, Planum <p style="text-align: right;">Quelle: [15]</p>
Plan	<ul style="list-style-type: none"> - 180 mm Rillenschiene 60R2 - 6 mm elastische Zwischenlage - 185 mm Spannbetonschwelle (Spannklemme SKL 14, Winkelführungsplatte WfP 14 K bzw. Keilwinkelführungsplatte K-Wfp 14) - 250 mm Schottertragschicht 0/45 <p style="text-align: right;">Quelle: [16]</p>

Der Oberbau-Typ der im April 2021 durchgeführten Emissionsmessung an der bestehenden Strecke in Böhlitz-Ehrenberg, Leipziger Straße 50a (deren Emissionswerte als Grundlage für die Prognose des Plan-Zustandes verwendet werden), stimmt bezüglich der Erschütterungsemission im Rahmen der Genauigkeit des Prognoseverfahrens mit dem zukünftigen Zustand nach obiger Tabelle überein (vgl. auch Erläuterung unter Punkt 3.3).

4.2. Trassierung

Die Trassierung wird von der Seiten- zur Mittenlage verändert. Es erfolgt eine asymmetrische Aufweitung des Gleismittenabstandes auf 2,80 m. Dieser Wert wird als Abstand der Gleisachsen hier für die Prognoserechnung verwendet.

4.3. Terzspektren

Als Grundlage der Erschütterungsprognose stehen aus der eigenen Erschütterungsmessung folgende Daten zur Verfügung:

Boden-Ausbreitung bestehende Strecke des zu untersuchenden Bereiches

- Messort Gorkistraße - Parkplatz Flurstück 72/73
- Oberbautyp feste Fahrbahn mit Rillenschiene (Spurhaltergleis, Rahmengleis)
- Straßenbahnen NGT10 "XL", NGTW6 "Leoliner" und T4D-M
- mittlere Geschwindigkeit am Messtag 04.03.2021 $v_m = 35$ km/h (24...45 km/h)

Emission am 8 m - Messpunkt im Boden

- a) bestehende Strecke, Ist-Zustand
 - Messort Gorkistraße 41 (Flurstück 88 neben dem Gebäude) , 04.03.2021
 - Oberbautyp feste Fahrbahn mit Rillenschiene (Spurhaltergleis, Rahmengleis)
 - Straßenbahnen NGT10 "XL", NGTW6 "Leoliner" und T4D-M, $v_m = 35$ km/h s. o.

- b) bestehende Strecke mit zukünftig geplantem Oberbau
 - Messort Leipziger Str. 50a, Böhlitz-Ehrenberg, Erdboden neben Wohngebäude
 - Oberbautyp feste Fahrbahn mit Rillenschiene "eingedecktes Querschwellengleis"
 - Straßenbahnen NGT10 "XL" und NGTW6 "Leoliner"
 - mittlere Geschwindigkeit am Messtag 08.04.2021 $v_m = 38$ km/h (34...43 km/h)

Die Prognose der vorhabensbedingten Änderung erfolgt durch Vergleich der Ergebnisse mit den Emissionsspektren a) als "Null-Fall" und b) als "Plan-Fall", berechnet gemäß 3.1.

4.4. Verkehrsbelegung, Geschwindigkeit

Folgende Verkehrsbelegung ist für den Zustand nach Abschluss der Baumaßnahme vorgesehen (Prognosehorizont 2030, [18]):

Tab. 6 Geplante Verkehrsbelegung (Gorkistraße), Prognosehorizont 2030

Fahrzeug-Typ	Fahrten tags (6 - 22 Uhr)	Fahrten nachts (22 - 6 Uhr)
Niederflur-Straßenbahn NGT10 "XL", Zuglänge 38 m (10 Achsen)	83	10
Summe Plan-Zustand, je Gleis:	83	10
Summe Plan-Zustand, beide Richtungen:	166	20

Die maximal zulässige Streckengeschwindigkeit beträgt für die gerade Strecke 50 km/h [17]. Die Erschütterungsprognose erfolgt entsprechend dieses Geschwindigkeitswertes für Null- und Plan-Fall.

5. Messungen

5.1. Messverfahren und Randbedingungen

Die Messung und Auswertung zur Bestimmung der Erschütterungen erfolgten gemäß DIN 45672 „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen“ [6] sowie gemäß der DB-Richtlinie für Untersuchungen an Eisenbahnstrecken Nr. 820.2050 [9].

An den Messorten wurden Schwingungen in folgenden Richtungen gemessen:

- x-Richtung (horizontal und senkrecht zur Straßenbahnstrecke),
- y-Richtung (horizontal und parallel zur Straßenbahnstrecke),
- z-Richtung, vertikal

Als Messpunkte im Gebäude wurden folgende Bauteile/Messorte gewählt:

- MP 1z: Fundament, z-Richtung, vertikal
- MP 1x: Fundament, x-Richtung, horizontal (parallel zur Außenwand)
- MP 1y: Fundament, y-Richtung, horizontal (senkrecht zur Außenwand)

- MP 2z: Deckenmitte, Erdgeschoss, z-Richtung, vertikal
- MP 3z: Deckenmitte, oberstes Wohngeschoss, z-Richtung, vertikal

- MP 4z: Erdboden vor dem Haus = Emissionsmesspunkt, z-Richtung, vertikal

Mit der zur Messung genutzten Software MEDA wurden die Schwinggeschwindigkeiten während der Vorbeifahrten aufgezeichnet und der Spitzenwert der Schwinggeschwindigkeit v_{\max} und die maximale bewertete Schwingstärke $KB_{F_{\max}}$ bzw. die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} ermittelt.

Die Aufzeichnung der Schwinggeschwindigkeits-Zeitverläufe erfolgte jeweils nur in Zeitabschnitten mit Straßenbahn-Vorbeifahrten. Bei Überschneidungen zwischen Straßenbahn- und PKW-Vorbeifahrten wurden die betreffenden Abschnitte des Zeitverlaufes von der Auswertung ausgenommen. Zum Einfluss anderer Erschütterungsquellen (Straßenverkehr) auf die Erschütterungssituation: siehe Abschnitt 6.7.

Mit den Erschütterungsmesswerten im Ist-Zustand werden folgende Auswertungen durchgeführt:

- Bildung von Terzspektren des Maximal- und Mittelungspegels der Schwinggeschwindigkeit (L_v re. $5 \cdot 10^{-5}$ mm/s) im Frequenzbereich 4 - 315 Hz sowie der bewerteten Schwingstärke (KB_{FTm}) je Zuggattung und Fahrtrichtung

- Bestimmung des Maximalwertes der Schwinggeschwindigkeit v_{\max} in mm/s

5.2. Messobjekte

Gorkistraße 41 (Wohngebäude)

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um einen fünfgeschossigen Massivbau mit Massivdecken in allen Geschossen, Baujahr 1999.

Die Lage des Objektes kann dem Übersichtsplan im Anhang 6, Blatt 1 sowie dem Planausschnitt in Anhang 1 entnommen werden. Der Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse beträgt im Ist-Zustand 3,5 m und im Plan-Zustand 4,5 m.

Im Erdboden neben diesem Wohngebäude befand sich auch der Emissionsmesspunkt in 8 m Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse für den Oberbau im Ist-Zustand, Fahrtrichtung Mockau.

Gorkistraße 29 (Wohngebäude)

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um einen fünfgeschossigen Massivbau mit Holzbalkendecken in allen Geschossen, Baujahr 1900 mit aktuell laufender baulicher Sanierung.

Die Lage des Objektes kann ebenfalls dem Übersichtsplan im Anhang 6, Blatt 1 sowie dem Planausschnitt in Anhang 1 entnommen werden. Der Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse beträgt im Ist-Zustand ebenfalls 3,5 m und im Plan-Zustand 4,5 m.

Böhlitz-Ehrenberg - Leipziger Straße 50a, Flurstück 110 (Erdboden)

Zur Bestimmung des Emissionsspektrums für den Oberbau der Gorkistraße im Plan-Zustand wurden vier Erdspeie senkrecht zur Straßenbahntrasse eingebracht. Deren Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse betrug 8, 16, 32 und 40 m, Fahrtrichtung Böhlitz-Ehrenberg. Die Lage der Messpunkte ist im Anhang 4.1, Punkt VIII dargestellt.

Gorkistraße - Parkplatz, Flurstück 72+73 (Erdboden)

Zur Bestimmung der Ausbreitungsparameter wurden drei Erdspeie senkrecht zur Straßenbahntrasse eingebracht. Deren Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse betrug 8, 16 und 24 m. Die Lage der Messpunkte ist im Anhang 4.1, Punkt IX dargestellt.

Die ermittelten Emissionsspektren in 8 m Abstand zum Gleis enthält Anhang 4.5.

5.3. Ergebnisse für den Ist-Zustand

Das Messprotokoll im Anhang 4.1 enthält eine Beschreibung und Fotos des Messobjektes und der Messstellen, die Lage der Objekte zum Gleis sowie die Messergebnisse. Die Ergebnisse der Erschütterungsmessungen im Ist-Zustand sind detailliert im Anhang 4.2 und Anhang 4.3 enthalten.

Neben den Tabellen der bei jeder Zugvorbeifahrt ermittelten bewerteten Schwingstärke KB sind auch die Terz-MaxHold-Spektren aller Messpunkte und die Übertragungsfunktionen dargestellt.

Nachfolgende Tabellen fassen die Messergebnisse für den Ist-Zustand zusammen:

Einwirkung auf Menschen in Gebäuden

Tab. 7 KB-Messwerte im Ist-Zustand (KB_{Fmax} = jeweils größter Einzelmesswert Linie 1 Richtung Mockau)

Messobjekt	Anhaltswert		Bewertete Schwingstärke		
	A_u tags / nachts	A_o tags / nachts	Fundament	Decke EG	Decke 4. OG
Gorkistraße 29	WA	0,225 / 0,15 3,0 / 0,6 0,105 / 0,075	$KB_{Fmax} = 0,18$ $KB_{FTm} = 0,07$ -	$KB_{Fmax} = 0,24$ $KB_{FTm} = 0,16$ $KB_{FTr} = 0,047 / 0,016$	$KB_{Fmax} = 0,21$ $KB_{FTm} = 0,11$ $KB_{FTr} = 0,04 / 0,03$
Gorkistraße 41	WA	0,225 / 0,15 3,0 / 0,6 0,105 / 0,075	$KB_{Fmax} = 0,17$ $KB_{FTm} = 0,13$ -	$KB_{Fmax} = 0,86$ $KB_{FTm} = 0,57$ $KB_{FTr} = 0,17 / 0,06$	$KB_{Fmax} = 0,88$ $KB_{FTm} = 0,62$ $KB_{FTr} = 0,18 / 0,09$

Gorkistraße 29

Im EG der **Gorkistraße 29** liegt im Ist-Zustand am Tage eine Erschütterungseinwirkung geringfügig oberhalb des unteren Anhaltswertes nach DIN 4150-2 vor ($KB_{Fmax} = 0,24 > A_u = 0,225$). Im 4. OG wird der untere Anhaltswert A_u am Tage mit $KB_{Fmax} = 0,21$ gerade eingehalten.

In der Nacht wird der untere Anhaltswert A_u sowohl im EG als auch im 4.OG überschritten ($KB_{Fmax} = 0,24$ (EG) / $0,21$ (4.OG) $> A_u = 0,15$).

Die oberen Anhaltswerte A_o werden weder tags noch nachts erreicht.

Auch die aus KB_{FTm} und der Verkehrsmenge berechneten Beurteilungs-Schwingstärken KB_{FTr} halten die Anhaltswerte A_r tags und nachts sicher ein. Damit sind die Anforderungen an den Erschütterungsschutz nach DIN 4150 Teil 2 eingehalten.

Gorkistraße 41

In der **Gorkistraße 41** liegt im Ist-Zustand am Tage eine Erschütterungseinwirkung oberhalb des unteren Anhaltswertes nach DIN 4150-2 sowohl im EG als auch im 4.OG vor ($KB_{Fmax} = 0,86$ (EG) / $0,88$ (4.OG) $> A_u = 0,225$).

In der Nacht wird der untere Anhaltswert A_u ebenfalls sowohl im EG als auch im 4.OG überschritten ($KB_{Fmax} = 0,86$ (EG) / $0,88$ (4.OG) $> A_u = 0,15$).

Der obere Anhaltswert $A_o = 0,6$ nachts wird auf den Geschossdecken überschritten ($KB_{Fmax} = 0,86 > A_o = 0,6$), der Tagwert wird eingehalten.

Die aus KB_{FTm} und der Verkehrsmenge berechneten Beurteilungs-Schwingstärken KB_{FTr} überschreiten den Anhaltswert A_r tags sowohl im EG als auch im 4. OG ($KB_{FTr} = 0,17$ (EG) / $0,18$ (4.OG) $> A_r = 0,105$). Im Nachtzeitraum wird der Anhaltswert A_r nachts nur im 4.OG überschritten ($KB_{FTr} = 0,09 > A_r = 0,075$), im EG eingehalten.

Einwirkung auf Gebäude

Tab. 8 v-Messwerte im Ist-Zustand (jeweils größter Einzelmesswert)

Messobjekt	Anhaltswert DIN 4150-3, Tab. 1 Zeile 2 (Wohnggeb.)	Maximale Schwinggeschwindigkeit v_{max}
Gorkistraße 29	Fundament 5 mm/s	Fundament 2,1 mm/s (x)
	Decken 15 mm/s	Decke EG 0,8 mm/s (z) Decke 4.OG 0,4 mm/s (z)
Gorkistraße 41	Fundament 5 mm/s	Fundament 0,5 mm/s (x)
	Decken 15 mm/s	Decke EG 2,0 mm/s (z) Decke 4.OG 2,1 mm/s (z)

Die in Tab. 3 genannten Anhaltswerte nach DIN 4150-3 für die Einwirkung auf bauliche Anlagen werden sehr sicher unterschritten.

Anhang 4.2 enthält die Ergebnisse im Detail.

6. Erschütterungsprognose Straßenbahnverkehr und Bewertung

6.1. Einwirkungsbereich

In der vorliegenden erschütterungstechnischen Untersuchung wurde eine Voreinschätzung der zu erwartenden Erschütterungen auf Basis des unteren Anhaltswertes A_u gemäß DIN 4150-2 nachts durchgeführt. Da die Deckentypen nicht bekannt sind, erfolgte die rechnerische Voruntersuchung sowohl für Holz- als auch für Massivdecken, vgl. Anhang 5.4 und nachfolgende Tabelle.

Tab. 9 Prognose-Ergebnisse für Gebäude-Deckentypen im Mindestabstand

Gorkistraße, 04347 Leipzig (Einwirkungsbereich) - Deckenmitte				Holzbalkendecke	Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	KB_{Fmax}	$KB_{FTr,Tag}$	$KB_{FTr,Nacht}$	Sekundärer Luftschall in dB(A)	$L_{sek,max}$	$L_{sek,m,T}$	$L_{sek,m,N}$
Anhaltswert $A_{u,Nacht}$, A_u nach DIN 4150-2, Tab.1	0,150	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,14	0,036	0,018	Prognoseergebnis Plan-Fall	39,7	28,1	22,0
Überschreitung Plan-Fall	nein	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	nein
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage:	-		
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,05	0,15			Plan-Fall mit NGT10 OB Plan, April 2021		
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20			Abstand Plan: 10,5 m		
Überschreitung	nein	nein					
Gorkistraße, 04347 Leipzig (Einwirkungsbereich) - Deckenmitte				Massivdecke extrapol. 80 Hz	Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	KB_{Fmax}	$KB_{FTr,Tag}$	$KB_{FTr,Nacht}$	Sekundärer Luftschall in dB(A)	$L_{sek,max}$	$L_{sek,m,T}$	$L_{sek,m,N}$
Anhaltswert $A_{u,Nacht}$, A_u nach DIN 4150-2, Tab.1	0,150	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,15	0,035	0,017	Prognoseergebnis Plan-Fall	43,5	31,5	25,3
Überschreitung Plan-Fall	nein	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	nein
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage:	-		
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,05	0,15			Plan-Fall mit NGT10 OB Plan, April 2021		
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20			Abstand Plan: 10,0 m		
Überschreitung	nein	nein					

Die Prognose hat ergeben, dass in Wohngebäuden der Anhaltswert A_u nachts (und damit auch tags) durch KB_{Fmax} (oder der zumutbare Innenraumpegel durch den sekundären Luftschallpegel) überschritten wird, wenn diese näher an der Gleisachse liegen als:

Tab. 10 Mindestabstände - Einwirkungsbereich von Erschütterungen oberhalb A_u

	Wohngebiet, A_u (ÖPNV) = 0,15 nachts $L_{sek,m,N} < 30$ dB(A)
Holzbalkendecke (Resonanzfrequenz 50 Hz)	$d_{min} = 10,5$ m
Massivdecke (Resonanzfrequenz 80 Hz)	$d_{min} = 10,0$ m

Das untersuchte Gebiet ist ausgehend von der vorgefundenen örtlichen Nutzung sowie übereinstimmend mit dem Flächennutzungsplan der Stadt Leipzig als Wohngebiet einzustufen.

Nachfolgende Tabelle enthält die im Bereich der Straßenbahnstrecke befindlichen, zu betrachtenden Gebäude mit Bewertung der Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen. An den in der Tabelle mit "nicht erfüllt" bewerteten Gebäuden wird der untere Anhaltswert A_u nachts im Plan-Zustand überschritten.

Tab. 11 Gebäude und Erschütterungsbewertung; Abstandsangaben zum jeweils nächstgelegenen Gleis; Genauigkeit der Abstandswerte 0,5 m

Gebäude	Typ, Nutzung	Gleis- Abstand Plan-Zustand	Mindestabstände zur Einhaltung des Anhaltswertes A_u (KB_{Fmax})	
			Holzbalken- decke $\geq 10,5$ m	Massiv- decke $\geq 10,0$ m
Gorkistraße 25 (Schule)	Schule	16,5 m	erfüllt	erfüllt
Gorkistraße 26, 28, 30	Wohnen	7,0 - 8,0 m	nicht erfüllt	nicht erfüllt
Gorkistr. 32 / Schreiberstr. 4	Wohnen	5,0 m	nicht erfüllt	nicht erfüllt
Gorkistr. 27, 29, 31, 33, 35, 37, 41, 45, 47, 49, 51	Wohnen	4,5 m	nicht erfüllt	nicht erfüllt
Gorkistraße 38	Gewerbe	15,5 m	erfüllt	erfüllt
Gorkistraße 42, 48	Wohnen	5,5 m	nicht erfüllt	nicht erfüllt
Gorkistraße 50	Wohnen	5,0 m	nicht erfüllt	nicht erfüllt
Gorkistraße 52, Löbauer Str. 51	Wohnen	4,5 m	nicht erfüllt	nicht erfüllt

Anmerkung:

In Bereichen mit Gewerbegebiets-Einstufung wurde wegen der bereits nachgewiesenen Einhaltung der Mindestabstände für die empfindlichere Einstufung "WA" auf die Berechnung separater Abstandslinien verzichtet.

Obige Tabelle zeigt, dass nahezu alle Gebäude der ersten Bebauungsreihe beidseitig der Strecke innerhalb des Abstandskorridors mit möglichen Überschreitungen des Anhaltswertes A_u tags oder nachts liegen. Diese Situation liegt sowohl im Ist- als auch im Plan-Zustand vor. Aus diesen Gebäuden wurden die im Abschnitt 6.2 untersuchten Prognoseobjekte ausgewählt.

Im Anhang 5.4 ist die detaillierte Auflistung der betroffenen Gebäude einschließlich der vorhabensbedingten Abstandsänderung zur nächstgelegenen Gleisachse enthalten. Die größte geplante Abstandsverringering (berechnet aus der Lage der Gleisachsen im Ist- und Planzustand) beträgt 1,5 m im Bereich der Gebäude Gorkistraße 38, 42, 48, 50, 52 und Löbauer Straße 51. Für die Betrachtung als "Gebäude mit der größten Abstandsverringering" wurde die Gorkistraße 52 untersucht.

6.2. Prognose für ausgewählte repräsentative Gebäude

Für die beiden Messobjekte **Gorkistraße 29 und 41** wurde eine detaillierte Prognoseberechnung auf Basis der Erschütterungsmessung im Ist-Zustand (Emission am 8m-Messpunkt in Fahrtrichtung Mockau) sowie der Verkehrsbelegung und des Gleisabstandes im Plan-Zustand durchgeführt.

Die Details sind im Anhang 5 dargestellt. Nachfolgende Tabellen fassen die Ergebnisse zusammen.

6.2.1. Einwirkung auf Menschen in Gebäuden

Tab. 12 Prognoseergebnisse für Wohngebäude **Gorkistr. 29** in 4,5 m Abstand zur Gleisachse (vgl. Anhang 5.1)

Gorkistraße 29, 04347 Leipzig Erdgeschoss, Deckenmitte				Holzb.-Decke EG Mess. cdf			Gebiet: W	
Bewertete Schwingstärke KB	KB _{Fmax}	KB _{FTr, Tag}	KB _{FTr, Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L _{sek,max}	L _{sek,m,T}	L _{sek,m,N}	
Anhaltswert A _{uNacht} , A _r nach DIN 4150-2, Tab.1	0,150	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30	
Prognoseergebnis Null-Fall	0,47	0,119	0,059	Prognoseergebnis Null-Fall	42,9	31,3	25,1	
Überschreitung Null-Fall	ja	ja	nein	Überschreitung Null-Fall	-	nein	nein	
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,08	0,019	0,010	Prognoseergebnis Plan-Fall	36,8	25,0	18,8	
Überschreitung Plan-Fall	nein	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	nein	
vorhabensbedingte Änderung $\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} =$				-84%	-84%	$\Delta L_{\text{sek,m}} =$ -6,3 dB		
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Null-Fall mit NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Mockau				
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,07	0,08		Plan-Fall mit NGT10 OB Plan, April 2021				
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20		Abstand Ist: 3,5 m Abstand Plan: 4,5 m				
Überschreitung	nein	nein						

Gorkistraße 29, 04347 Leipzig Dachgeschoss, Deckenmitte				Holzb.-Decke DG Mess. cdf			Gebiet: W	
Bewertete Schwingstärke KB	KB _{Fmax}	KB _{FTr, Tag}	KB _{FTr, Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L _{sek,max}	L _{sek,m,T}	L _{sek,m,N}	
Anhaltswert A _{uNacht} , A _r nach DIN 4150-2, Tab.1	0,150	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30	
Prognoseergebnis Null-Fall	0,35	0,090	0,044	Prognoseergebnis Null-Fall	41,9	30,2	24,1	
Überschreitung Null-Fall	ja	nein	nein	Überschreitung Null-Fall	-	nein	nein	
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,06	0,016	0,008	Prognoseergebnis Plan-Fall	34,5	22,8	16,6	
Überschreitung Plan-Fall	nein	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	nein	
vorhabensbedingte Änderung $\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} =$				-83%	-83%	$\Delta L_{\text{sek,m}} =$ -7,4 dB		
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Null-Fall mit NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Mockau				
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,07	0,07		Plan-Fall mit NGT10 OB Plan, April 2021				
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20		Abstand Ist: 3,5 m Abstand Plan: 4,5 m				
Überschreitung	nein	nein						

Am Tage und in der Nacht wird im Plan-Zustand der jeweilige Anhaltswert A_r sowie der untere Anhaltswert A_u eingehalten. Damit ist die Anforderung an den Erschütterungsschutz nach DIN 4150-2 erfüllt. Der Richtwert für den zulässigen sekundären Luftschallpegel L_{sek} wird tags und nachts eingehalten. Das Vorhaben führt am untersuchten Gebäude aufgrund des erschütterungstechnisch günstigeren neu geplanten Oberbaus zu einer deutlichen Reduzierung der bewerteten Schwingstärke und des sekundären Luftschallpegels.

Tab. 13 Prognoseergebnisse für Wohngebäude **Gorkistr. 41** in 4,5 m Abstand zur Gleisachse (vgl. Anhang 5.2)

Gorkistraße 41, 04347 Leipzig Erdgeschoss, Deckenmitte				Massivdecke EG Mess. cdf			Gebiet: W
Bewertete Schwingstärke KB	KB _{Fmax}	KB _{FTr, Tag}	KB _{FTr, Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L _{sek,max}	L _{sek,m,T}	L _{sek,m,N}
Anhaltswert A _{uNacht} , A _r nach DIN 4150-2, Tab.1	0,150	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Prognoseergebnis Null-Fall	1,13	0,286	0,140	Prognoseergebnis Null-Fall	51,6	39,6	33,4
Überschreitung Null-Fall	ja	ja	ja	Überschreitung Null-Fall	-	nein	ja
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,27	0,064	0,031	Prognoseergebnis Plan-Fall	47,4	35,2	29,1
Überschreitung Plan-Fall	ja	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	nein
vorhabensbedingte Änderung	$\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} =$		-78%		$\Delta L_{\text{sek,m}} =$		
			-78%		-4,3 dB		
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke					
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,07	0,27		Grundlage: Null-Fall mit NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Mockau			
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20		Plan-Fall mit NGT10 OB Plan, April 2021			
Überschreitung	nein	nein		Abstand Ist: 3,5 m Abstand Plan: 4,5 m			

Gorkistraße 41, 04347 Leipzig Dachgeschoss, Deckenmitte				Massivdecke DG Mess. cdf			Gebiet: W
Bewertete Schwingstärke KB	KB _{Fmax}	KB _{FTr, Tag}	KB _{FTr, Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L _{sek,max}	L _{sek,m,T}	L _{sek,m,N}
Anhaltswert A _{uNacht} , A _r nach DIN 4150-2, Tab.1	0,150	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Prognoseergebnis Null-Fall	1,14	0,289	0,142	Prognoseergebnis Null-Fall	50,0	38,3	32,1
Überschreitung Null-Fall	ja	ja	ja	Überschreitung Null-Fall	-	nein	ja
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,15	0,038	0,018	Prognoseergebnis Plan-Fall	40,4	28,6	22,4
Überschreitung Plan-Fall	nein	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	nein
vorhabensbedingte Änderung	$\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} =$		-87%		$\Delta L_{\text{sek,m}} =$		
			-87%		-9,7 dB		
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke					
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,07	0,16		Grundlage: Null-Fall mit NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Mockau			
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20		Plan-Fall mit NGT10 OB Plan, April 2021			
Überschreitung	nein	nein		Abstand Ist: 3,5 m Abstand Plan: 4,5 m			

Am Tage und in der Nacht wird im Plan-Zustand der jeweilige Anhaltswert A_r eingehalten. Damit ist die Anforderung an den Erschütterungsschutz nach DIN 4150-2 erfüllt. Der Richtwert für den zulässigen sekundären Luftschallpegel L_{sek} wird tags und nachts eingehalten. Das Vorhaben führt auch hier aufgrund des erschütterungstechnisch günstigeren neu geplanten Oberbaus zu einer deutlichen Reduzierung der bewerteten Schwingstärke und des sekundären Luftschallpegels.

Für die übrigen, nicht messtechnisch untersuchten Gebäude wurde als repräsentatives Objekt die **Gorkistraße 52** ausgewählt (größte vorhabensbedingte Abstandsverringering um 1,5 m). Für dieses mehrgeschossige Wohngebäude erfolgte die Prognoserechnung mittels der im Querprofil "Gorkistraße - Parkplatz Flurstück 72+73" gemessenen Bodenausbreitungsparameter, dem Emissionsspektrum des Ist-Zustandes in Fahrtrichtung Lausen/Zentrum und mit den Übertragungseigenschaften für Holzbalken- und Massivdecken gemäß DB-Richtlinie 820.2050 [9].

Tab. 14 Prognoseergebnisse für Wohngebäude mit Annäherung der Gleisachse um 1,5 m (Anhang 5.3)

Gorkistraße 52, 04347 Leipzig Erdgeschoss, Deckenmitte				Holzbalkendecke			Gebiet: W	
Bewertete Schwingstärke KB	KB _{Fmax}	KB _{FTr,Tag}	KB _{FTr,Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L _{sek,max}	L _{sek,m,T}	L _{sek,m,N}	
Anhaltswert A _{UNacht} , A _r nach DIN 4150-2, Tab.1	0,150	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30	
Prognoseergebnis Null-Fall	0,21	0,052	0,026	Prognoseergebnis Null-Fall	40,8	29,1	23,0	
Überschreitung Null-Fall	ja	nein	nein	Überschreitung Null-Fall	-	nein	nein	
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,22	0,055	0,027	Prognoseergebnis Plan-Fall	42,4	30,5	24,4	
Überschreitung Plan-Fall	ja	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	nein	
vorhabensbedingte Änderung	$\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} =$		+4%		$\Delta L_{\text{sek,m}} =$			+1,4 dB
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke						
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,08	0,23		Grundlage: Null-Fall mit NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Lausen				
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20		Plan-Fall mit NGT10 OB Plan, April 2021				
Überschreitung	nein	nein		Abstand Ist: 6,0 m Abstand Plan: 4,5 m				

Gorkistraße 52, 04347 Leipzig Dachgeschoss, Deckenmitte				Massivdecke 80 Hz			Gebiet: W	
Bewertete Schwingstärke KB	KB _{Fmax}	KB _{FTr,Tag}	KB _{FTr,Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L _{sek,max}	L _{sek,m,T}	L _{sek,m,N}	
Anhaltswert A _{UNacht} , A _r nach DIN 4150-2, Tab.1	0,150	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30	
Prognoseergebnis Null-Fall	0,24	0,056	0,028	Prognoseergebnis Null-Fall	45,4	33,3	27,1	
Überschreitung Null-Fall	ja	nein	nein	Überschreitung Null-Fall	-	nein	nein	
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,26	0,060	0,029	Prognoseergebnis Plan-Fall	46,7	34,5	28,3	
Überschreitung Plan-Fall	ja	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	nein	
vorhabensbedingte Änderung	$\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} =$		+6%		$\Delta L_{\text{sek,m}} =$			+1,2 dB
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke						
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,08	0,25		Grundlage: Null-Fall mit NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Lausen				
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20		Plan-Fall mit NGT10 OB Plan, April 2021				
Überschreitung	nein	nein		Abstand Ist: 6,0 m Abstand Plan: 4,5 m				

Die vorhabensbedingte Erhöhung der bewerteten Schwingstärke KB im einstelligen Prozentbereich unterschreitet den in 2.1 benannten Schwellwert von 25% deutlich. Auch der sekundäre Luftschallpegel erhöht sich lediglich um ca. 1 dB.

Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} hält im Plan-Zustand den jeweiligen Anhaltswert A_r tags und nachts ein. Der berechnete sekundäre Luftschallpegel hält auch in diesem Gebäude die Richtwerte für den Tag und für die Nacht ein.

Damit ist die Anforderung an den Erschütterungsschutz nach DIN 4150-2 erfüllt.

6.2.2. Einwirkung auf Gebäude

Die für Fundamente bzw. Geschosdecken prognostizierten maximalen Schwinggeschwindigkeiten von v_{max} < 0,5 mm/s liegen deutlich unter den zulässigen Anhaltswerten der Norm DIN 4150-3 für Wohngebäude von v_{max} = 5 mm/s bzw. v_{max} = 20 mm/s.

Selbst für eine angenommene Einstufung einzelner Gebäude als "besonders empfindliche Bauten, denkmalgeschützte Bauten" (v_{max} = 5 mm/s am Fundament) ist eine sehr sichere Unterschreitung gegeben.

Gebäudeschäden sind durch den Straßenbahnverkehr im Rahmen des geplanten Bauvorhabens daher mit hoher Sicherheit nicht zu erwarten.

6.3. Zusammenfassende Bewertung - Einwirkung auf Menschen in Gebäuden

Die Ergebnisse der Erschütterungsprognose entsprechend der Bearbeitungsschritte in Pkt. 2.1 finden sich im Anhang 5. Diese enthalten für die Gebäude die frequenzabhängige Ausbreitungsrechnung mit den Ergebnissen der Messung im Ist-Zustand sowie den Zu- und Abschlägen für den Ausbreitungsweg. Die Berechnungsergebnisse werden in Form der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTT} zusammengefasst und mit den Anhaltswerten nach DIN 4150, Teil 2 verglichen.

Die detaillierte Erschütterungsprognose hat folgende Auswirkungen der geplanten Baumaßnahme ergeben:

- Der untere Anhaltswert A_u kann an einem Teil der Gebäude überschritten werden, dies entspricht der zu erwartenden Situation an bestehenden Verkehrswegen.
- Die Anhaltswerte A_r und A_o werden im Planzustand auch in den Gebäuden mit dem **geringsten Abstand** zur nächstgelegenen Gleisachse (4,5 m) am Tage und in der Nacht eingehalten. Die Anforderungen nach DIN 4150-2 sind damit eingehalten.
- In Gebäuden mit der **maximalen vorhabensbedingten Abstandsverringerung um 1,5 m** zum Gleis im Plan-Zustand (z. B. Gorkistraße 52) werden die Anhaltswerte A_r tags und nachts trotz einer vorhabensbedingten Erhöhung der bewerteten Schwingstärke sicher eingehalten, d. h. die Anforderung nach DIN 4150-2 wird erfüllt.
- Für alle **übrigen Gebäude** mit schutzbedürftiger Nutzung außerhalb der Abstände, in denen die Überschreitung des unteren Anhaltswertes A_u nachts zu erwarten ist (10 m bzw. 10,5 m) werden die Anforderungen nach DIN 4150-2 eingehalten.

Erhebliche Belästigungen durch Erschütterungen aus dem Straßenbahnbetrieb sind somit nicht zu erwarten. Bauliche Maßnahmen zum Erschütterungsschutz sind bei Realisierung des im Bericht beschriebenen Oberbaus im Plan-Zustand nicht erforderlich.

6.4. Zusammenfassende Bewertung - sekundärer Luftschall

In den untersuchten Gebäuden (als Typenvertreter für die angrenzende Wohnbebauung und als nächstgelegene Gebäude, Abstand 4,5 m) werden die Richtwerte für den zulässigen sekundären Luftschallpegel L_{sek} nach Tab. 4 eingehalten.

In Gebäuden mit der erheblichen vorhabensbedingten Abstandsverringerng zum Gleis um 1,5 m (z. B. Gorkistraße 42) hält der sekundäre Luftschallpegel L_{sek} ebenfalls die aus der 24. BImSchV abgeleiteten zulässigen Innenpegel ein.

6.5. Zusammenfassende Bewertung - Gebäudeschäden

Während der Erschütterungsmessungen wurde am Gebäudefundament der Gorkistraße 29 einmalig ein größter Einzelwert der Schwinggeschwindigkeit von ca. $v_{\text{max}} = 2 \text{ mm/s}$ ermittelt, in allen anderen Messintervallen unterschritten die Schwinggeschwindigkeiten den Wert 0,5 mm/s. In der Prognoserechnung für die nächstgelegenen Gebäude werden ebenfalls Schwinggeschwindigkeiten von $v_{\text{max}} < 0,5 \text{ mm/s}$ am Fundament bzw. $< 2 \text{ mm/s}$ auf den Geschossdecken berechnet.

Die in Tab. 2 des Gutachtens zitierten Anhaltswerte wurden im Ist-Zustand bei keinem der erfassten Erschütterungsereignisse erreicht.

Aus den Ergebnissen kann geschlussfolgert werden, dass durch den Straßenbahn-Schienenverkehr im Planzustand keine gebäudeschädigenden Erschütterungen zu erwarten sind (Anhaltswert für Geschossdecken von Wohngebäuden 15 mm/s, kleinster Anhaltswert für Fundamente bei Gebäuden der Kategorie „erschütterungsempfindlich / denkmalgeschützt“ 3 mm/s).

Gebäudeschäden sind durch den Straßenbahnverkehr daher mit hoher Sicherheit nicht zu erwarten.

6.6. Fazit der Bewertungen

Aus der erschütterungstechnischen Untersuchung folgt, dass keine der unter 3.2 beschriebenen zusätzlichen baulichen Maßnahmen zum Erschütterungsschutz erforderlich sind.

6.7. Erschütterungseinwirkung des Straßenverkehrs

Die Erschütterungs-Immission des Straßenverkehrs liegt aufgrund der Gummibereifung bei ähnlichem Abstand zum Gebäude generell deutlich unter der des Straßenbahnverkehrs.

Eine gesonderte zahlenmäßige Auswertung hierzu ist nicht erforderlich.

Auf einer, wie geplant, neu hergestellten mängelfreien Oberfläche mit Asphaltbelag sind Schwinggeschwindigkeiten des Straßenverkehrs zu erwarten, die deutlich niedriger liegen als bei Straßenbahn-Vorbeifahrten. Der Anteil des Straßenverkehrs an der Gesamt-Immission bleibt damit vernachlässigbar gering.

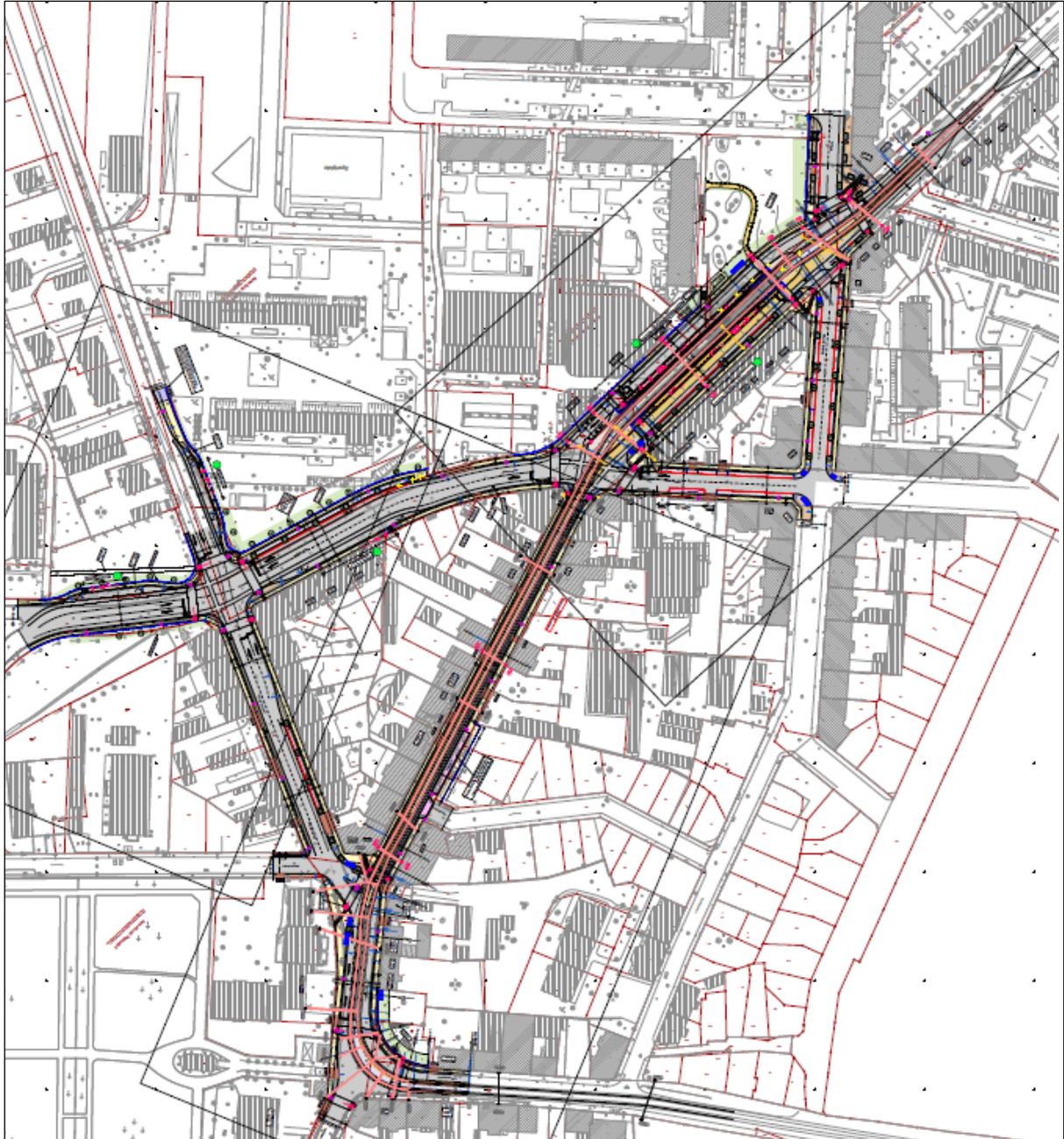
7. Normen und Literatur

- [1] Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), zuletzt geändert Art. 3, 18.07.2017 (BGBl. I S. 2771)
- [2] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO); BGBl. I, S. 133, 26.01.1990, zuletzt geändert 04.05.2017 (BGBl. I S. 1057)
- [3] Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes - Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmen - 24. BImSchV) vom 4. Februar 1997; BGBl. Teil I, Jg. 1997 S. 172, letzte Änderung 23.09.1997
- [4] DIN 4150; Teil 2; Juni 1999: Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
- [5] DIN 4150; Teil 3; Dezember 2016: Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen
- [6] DIN 45672-1; Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenwegen; Teil 1: Messverfahren; Februar 2018
- [7] DIN 45669-2; Messung von Schwingungsimmissionen, T. 2: Messverfahren, Juni 2005
- [8] VDI 3837; Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen, Januar 2013
- [9] Erschütterungen und sekundärer Luftschall; Richtlinie 820.2050, Deutsche Bahn AG, Bautechnik, Leit-, Signal- u. Telekommunikationstechnik, 15.09.2017
- [10] Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes Az. BVerwG 7A14.09 vom 21.12.2010
- [11] VDI 2057 Blatt 3; Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Beurteilung; Ausgabe Mai 1987
- [12] Keil, Koch, Garburg: Schutz vor Lärm und Erschütterungen, in: Handbuch Eisenbahninfrastruktur, S. 785ff., Springer-Verlag Berlin/Heidelberg, 2007
- [13] Krüger, F. u.a.: Schall- u. Erschütterungsschutz im Schienenverkehr, expert-Verlag, Renningen, 2001; S. 200 und S. 451
- [14] Verfügung zum Umgang mit betriebsbedingten Erschütterungen und sekundärem Luftschall in der Planfeststellung, Eisenbahn-Bundesamt, Bonn, 30.01.2017
- [15] Regelquerschnitt G-G Gleisbau Gorkistraße..., Ausführungsplanung M 1:25, Verkehrs-Consult Leipzig GmbH, 20.03.2002
- [16] Eingedecktes Querschwellengleis, TR_03_01_01_07_01_eingQSG, Zeichnungen M 1:20, Leipziger Verkehrsbetriebe, 28.10.2020
- [17] Auszug aus Unterlage 1 Erläuterungsbericht, Verkehrsbaumaßnahme Gorkistraße zwischen Kohlweg und Ossietzkystraße; Ingenieurbüro EVTI GmbH, Stand 25.11.2020
- [18] Straßenbahn-Linie 1, Prognose 2030, Leipziger Verkehrsbetriebe, Gruppe Verkehrswegeplanung, 21.09.2020

8. Anhänge

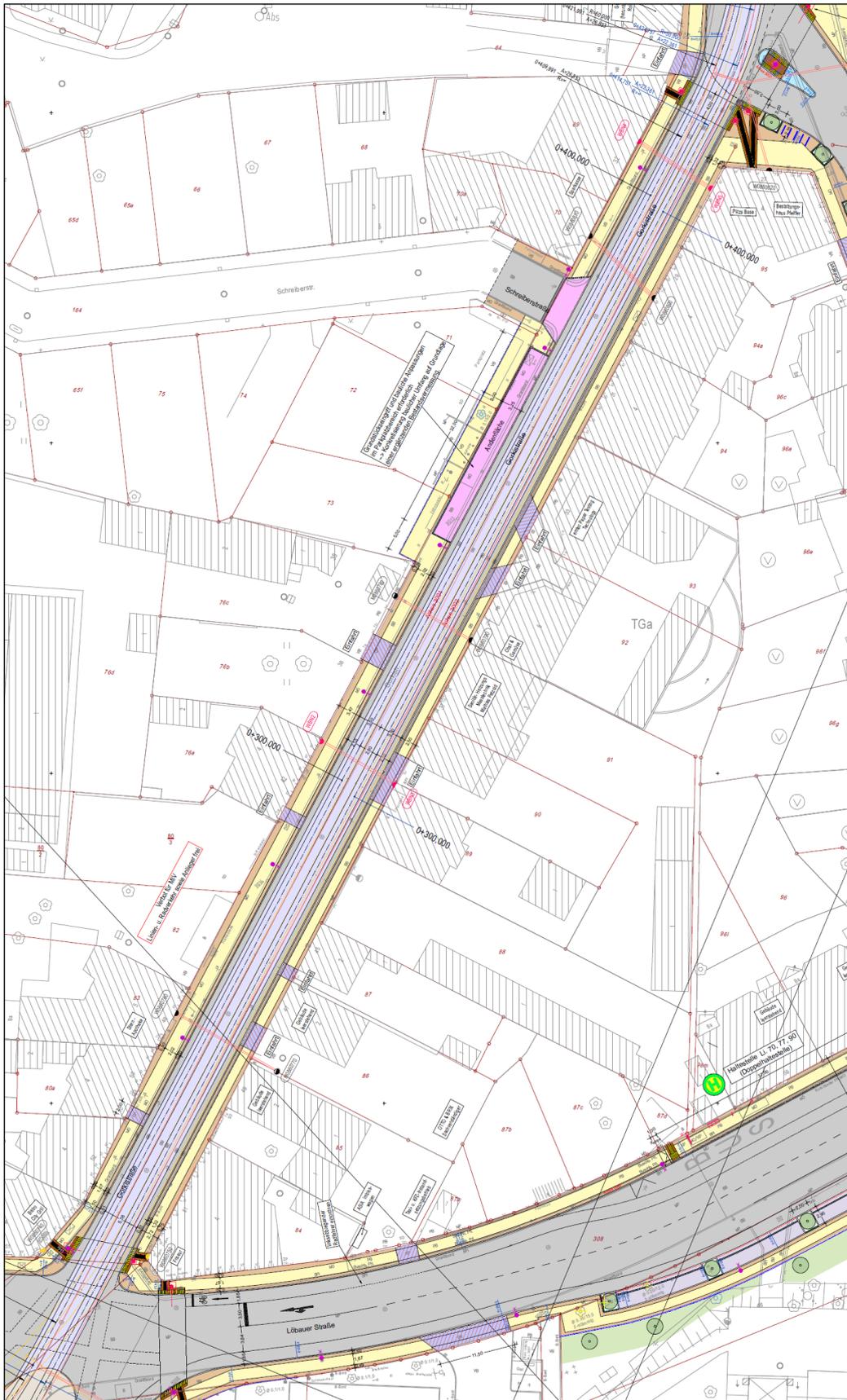
Anhang 1 Lageplan, Flächennutzungsplan

Übersichts-Lageplan der Gesamt-Baumaßnahme



Verkehrsbaumaßnahme Gorkistraße zwischen Kohlweg und Ossietzstraße
globaler Lageplan - Bearbeitungsstand
IB EVII / 21.10.2020

Lageplan-Ausschnitt des untersuchten Abschnittes



Lageplan und Luftbild des Ist-Zustandes

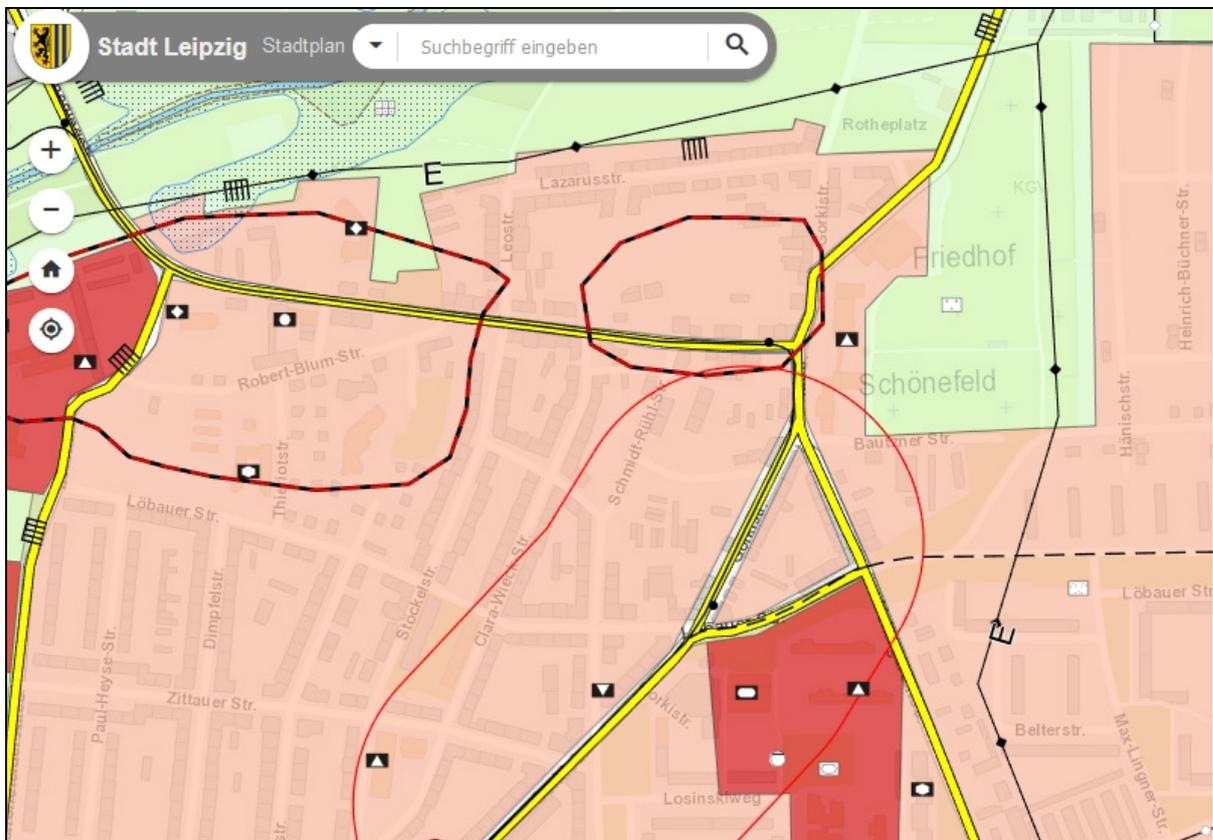


Bildquelle: Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen, Geoportal

markiert: Gebäude mit messtechnischer Untersuchung

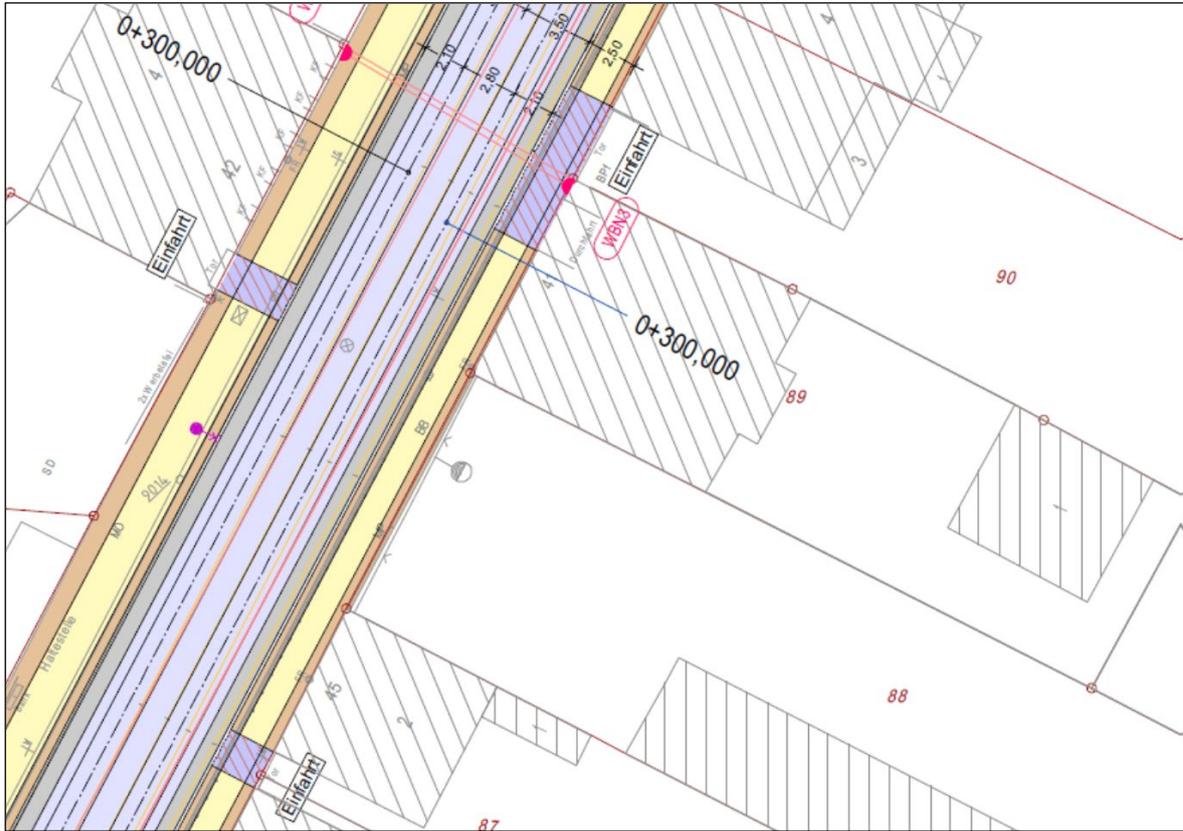
Auszug aus dem Flächennutzungsplan der Stadt Leipzig, Stand 2019

(Quelle: Themenstadtplan)



Lageplan-Ausschnitte der messtechnisch untersuchten Gebäude

Gorkistraße 41

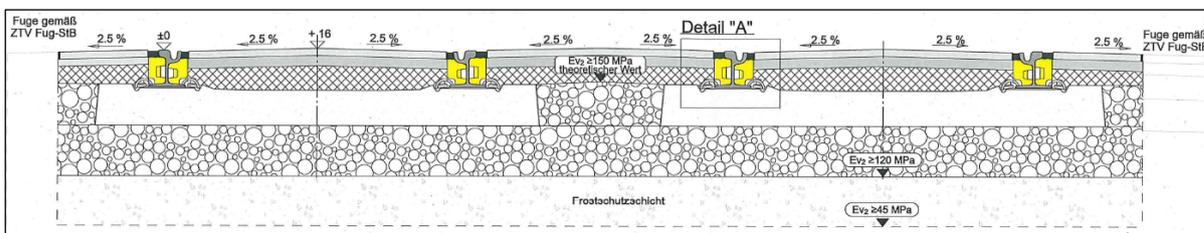


Gorkistraße 29



Anhang 2 Oberbau

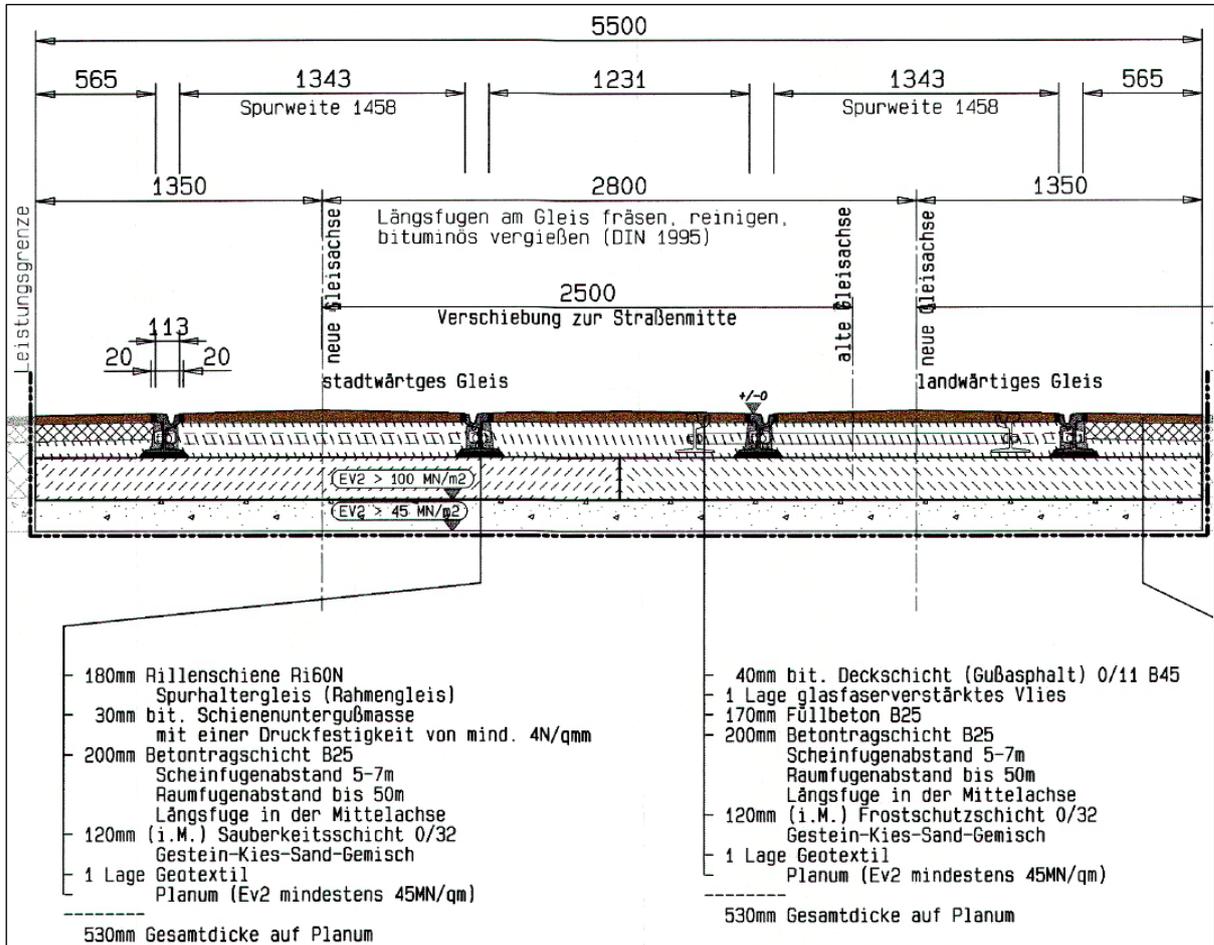
Geplanter Oberbau



Aufbau Gleis		Aufbau Gleisachse und Schwellenfach	
- 180 mm	Rillenschiene 60R2	- 35 mm	Asphaltdeckschicht MA 8 S, 20/30 (Gussasphalt)
- 6 mm	elastische Zwischenlage	- 50 mm	Asphaltbinderschicht AC 16 BS, 25/55-55
- 185 mm	Spannbetonschwelle, ohne Neigung, Länge 2,20 m, Spannklemme SKL 14, Winkelführungsplatte WfP 14 K bzw. Keilwinkelführungsplatte K-Wfp 14	- 105 - 121 mm	Asphalttragschicht AC 22 TS, 50/70
- 250 mm	Schottertragschicht 0/45	- 175 mm	Spannbetonschwelle, ohne Neigung, Länge 2,20 m bzw. Schwellenfach 175 mm Schottertragschicht 0/45 (Schotter ist auch im Schwellenfach zu stopfen)
		- 250 mm	Schottertragschicht 0/45

Unterlage		TR_03_01_01_07_02		<h1>eingedecktes Querschwellengleis Querschnitt</h1>	
Maßstab		1 : 20			
Revision		2			
	Datum	Name			
bearbeitet	28.10.2020	BIPD-d, Sche			
freigegeben	02.11.2020	BIMO, Bäs			

Vorhandener Oberbau



Regelquerschnitt G - G
Gleisbau Gorkistraße und Knoten Ossietzkystr.
gültig für Gleisbau ohne Haltestellen

<p>Verkehrs-Consult Leipzig GmbH Martin-Luther-Ring 13 04109 Leipzig Tel. (0341) 96424-0 Fax (0341) 96424-26</p>	Stand: 01/02	Datum	Name	Zeichen
	bearbeitet	20.03.2002	Kretzschmar	<i>Kre</i>
<p>APLAN Planungsgesellschaft für Ingenieur- und Straßenbau mbH Brandvorwerkstraße 70 04275 Leipzig Tel. (0341) 30572-0</p>	gezeichnet	21.02.2002	Kre. / CAD400	
	geprüft	21.02.2002	Sikora	
	Format:	Datei/Unterlage: GG-Stat-0.6a		
Zeichnungsnummer		Projektnummer: 160/20/057-00		

Anhang 3 Verkehrsmengen und Geschwindigkeiten

Von: Muske, Gerd
Gesendet: Montag, 21. September 2020 15:41
An: Dorn, Stefanie
Betreff: AW: P.90104 Gorkistr.: Zuarbeit Verkehrsprognose für Schallschutzuntersuchung

Hallo Stefanie,

auf Linie 1 sind in der Prognose 2030 folgende Zahlen anzusetzen (Stand heute):

- Anzahl Fahrten
 - 6:00-22:00 Uhr: 166
 - 22:00- 6:00 Uhr: 20
- Fahrzeugeinsatz NGT 10 (10 Achsen), 38 m lang, Niederflur, keine Klimaanlage.
- Geschwindigkeit 50 (bzw. 30) km/h, wie abgestimmt.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen gern zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen
 im Auftrag

Gerd Muske
 Verkehrswegeplanung
 Bereich Marketing

Tram 1		Mockau, Post						
Servicetelefon der Leipziger Verkehrsbetriebe: 0341 19449		gültig ab 18.11.2020						
		Montag - Freitag		Monday - Friday				
		4	59					
		5	14	29	44	59		
		6	14	29	46	56		
○	Stöckelstraße	7	06	16	26S	36	46S	56
▼	Löbauer Straße	8-17	06S	16	26S	36	46S	56
2	♿ Ossietzky-/Gorkistraße	18	06S	16	26	36	46S	56
3	♿ Rathaus Schönefeld	19	06S	16	29	44	59	
5	Schönefeld, Volbedingstr.	20	14	29	44	58		
7	Mockauer/Volbedingstraße	21	13	28	55			
8	Friedrichshafner Straße	22-23	25	55				
9	Döringstraße	0	25					
11	Mockau, Post							

Anhang 4 Emissionsdaten der Straßenbahn (Messung Ist-Zustand)

Anhang 4.1 Messprotokoll

I. Allgemeine Angaben

Messpersonal: Dipl.-Ing. Lorenz Wiedemann, Dipl.-Ing. Rajko Berger

Ort: 04347 Leipzig, Gorkistraße 41 und Gorkistraße, Flurstück 72/73
04347 Leipzig, Gorkistraße 29 und 04178 Böhlitz-Ehrenberg, Leipziger Str. 50a (Flurstück 110)

Datum, Zeit: 04.03.2021, 10:50 - 16:10 Uhr 08.04.2021, 11:10 - 16:00 Uhr

II. Gegenstand der Messungen

- DIN 45672 Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen
Teil 1 - Messverfahren [6] und Teil 2 - Auswerteverfahren

III. Betriebsbedingungen, Oberbau

- Messung während Straßenbahn-Vorbeifahrten (Regelbetrieb), Linien 1 und 35
- Oberbau-Typ:
Gorkistraße Rillenschiene (Rahmengleis / Spurhaltergleis)
Leipziger Straße 50a Rillenschiene (eingedecktes Querschwellengleis)

IV. Messgeräte

Funktion	Typ	Serien-Nr.	Fabrikat
Schwingungsmessgerät 3 mit 4x 1D-Geophon PE-3	SMK-401	02540392	Dr. Kebe
Schwingungsmessgerät 1 mit 3D-Geophon PE-6	SMK-3	01420591	Dr. Kebe
A/D-Datenerfassungskarte	KPCMCI-A-12AI-C	19391	Keithley
Elektrodynamischer Eichtisch	11031	1024	Robotron
Infrarot-Lichtschranke mit Spiegel	HL2-31	Tag Heuer	8576, 8577
PC-Messsystem	MEDA	MEDA 2020-1	WÖLFEL Monitoring Systems
Meteo-Station	GFTB 100	-	GSG

Die verwendeten Messaufnehmer erhielten die letzte Kalibrierung mithilfe eines akkreditierten Kalibrierlaboratoriums im März 2020. Die Funktionsfähigkeit der Messkette wurde am Messort mittels Probeanregung (Klopftest) überprüft.

V. Durchführung der Messungen

- Messung des Zeitverlaufes der Schwinggeschwindigkeit v jeweils während der Straßenbahn-Vorbeifahrt
- Speicherung auf PC
- Berechnung der MAX HOLD- und EQ-Terzspektren L_v sowie der bewerteten Schwingstärke KB
- Messung der Fahrtgeschwindigkeit

VI. Witterungsbedingungen

04.03.2021

Temperatur:	+7 °C	Wind:	< 1 m/s
Niederschlag:	zeitweise Nieselregen	Luftdruck:	1004 hPa (Messort)
Wolken:	8/8	rel. Luftfeuchte:	75 %

08.04.2021

Temperatur:	+6 °C	Wind:	1-2 m/s West
Niederschlag:	zeitweise Graupel	Luftdruck:	1009 hPa (Messort)
Wolken:	6/8 - 8/8	rel. Luftfeuchte:	60 %

VII. Messpunkte im Gebäude

- **MP 1x,y,z** Gebäudefundament, straßenseitige Keller-Außenwand, Messung in alle Richtungskomponenten (z-, x-, y-Richtung)
- **MP 2z** EG, Wohnraum / Büro, Deckenmitte, Messung in z-Richtung (vertikal)
- **MP 3z** 4.OG, Wohnraum, Deckenmitte, Messung in z-Richtung (vertikal)
- **MP 4z**
Gorkistr. 41: Hof neben dem Gebäude = Emissionsmesspunkt 8,0 m vom nächstgelegenen Gleis, Messung in z-Richtung (vertikal)
Gorkistr. 29: kein unbebauter Bereich zugänglich, Messpunkt auf Fußweg in 3,5 m Abstand vom nächstgelegenen Gleis in z-Richtung (vertikal)

04347 Leipzig, Gorkistraße 41



Abb. 1 Straßenansicht und Lage - Gebäude Gorkistraße 41

Lage des Objektes:	östlich der Straßenbahnstrecke, Linie 1 Flurstück 88+89
Beschreibung:	fünfgeschossiger Massivbau, unterkellert, Massivdecken Bj. 1999, Wohngebäude, bewohnt
Gelände:	Lage des Straßenbahngleises zum Gebäude: niveaugleich Gelände im Ausbreitungsweg: befestigter Fußweg + Straße



Abb. 2 Messaufnehmer am Gebäudefundament (Keller straßenseitig, MP 1 x/y/z Gebäude)

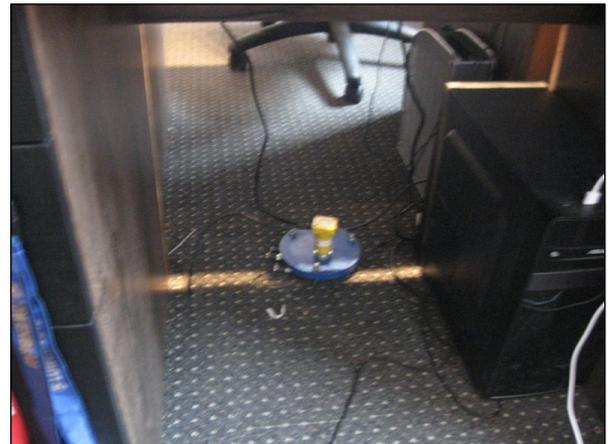
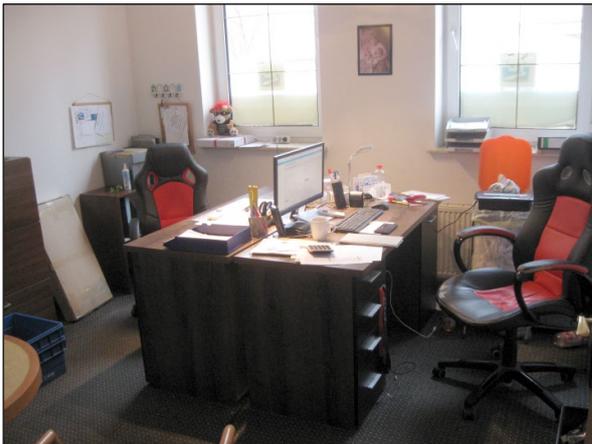


Abb. 3 Messaufnehmer im Erdgeschoss (Büroraum straßenseitig rechts, MP 2z Gebäude)

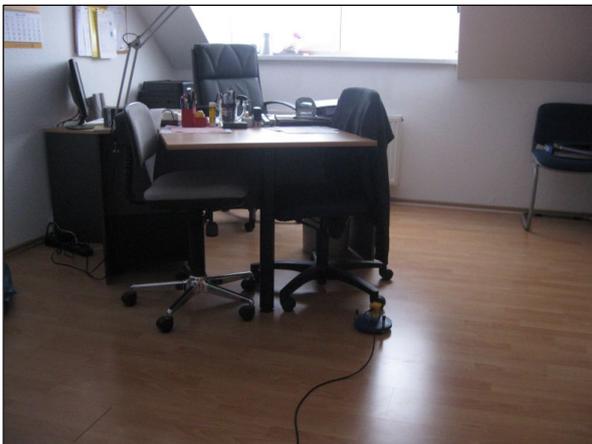


Abb. 4 Messaufnehmer im 4. Obergeschoss (Wohnzimmer straßenseitig li., MP 3z Gebäude)



Abb. 5 Messaufnehmer am Emissionsmesspunkt in 8 m Abstand zum Gleis (MP 4z Boden)

04347 Leipzig, Gorkistraße 29

Abb. 6 Straßenansicht und Lage - Gebäude Gorkistraße 29

Lage des Objektes:	östlich der Straßenbahnstrecke, Linie 1 Flurstück 94a
Beschreibung:	fünfgeschossiger Massivbau, unterkellert, Holzbalkendecken Bj. 1900, Wohngebäude, unbewohnt (Baumaßnahmen)
Gelände:	Lage des Straßenbahngleises zum Gebäude: niveaugleich Gelände im Ausbreitungsweg: befestigter Fußweg + Straße



Abb. 7 Messaufnehmer am Gebäudefundament (Keller straßenseitig, MP 1 x/y/z Gebäude)



Abb. 8 Messaufnehmer im Erdgeschoss (gepl. Wohnraum straßenseitig rechts, MP 2z Gebäude)



Abb. 9 Messaufnehmer im 4. Obergeschoss (Wohnzimmer straßenseitig li., MP 3z Gebäude)

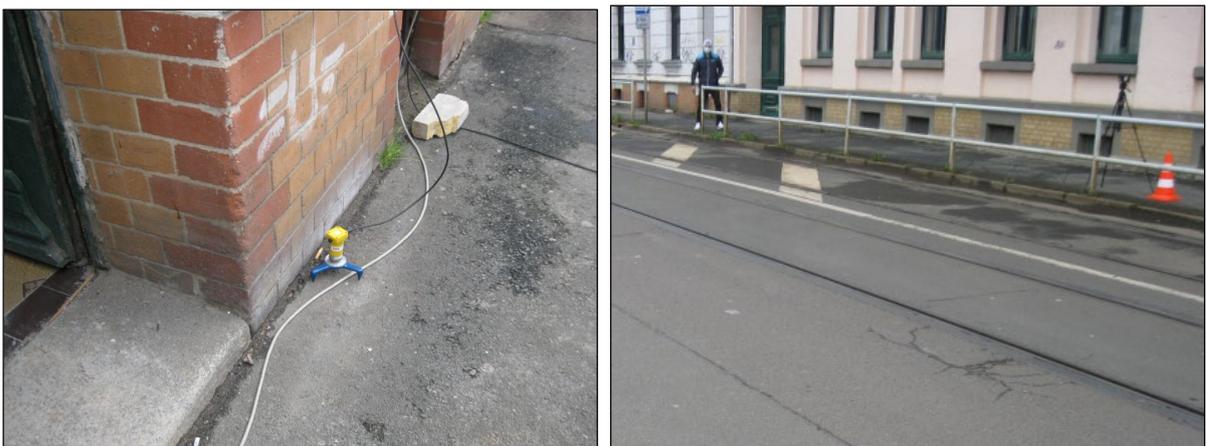


Abb. 10 Messaufnehmer am Emissionsmesspunkt in 3,5 m Abstand zum Gleis (MP 4z Fußweg) und Straßenoberfläche mit Lichtschranken-Standort

VIII. Messpunkte der Emissions- und Ausbreitungsmessung "Oberbau Plan"

- Erdspieße im Boden Leipziger Straße 50a, Böhlitz-Ehrenberg
8 m, 16 m, 32 m, 40 m zur nächstgelegenen Gleisachse; Messung in z-Richtung (vertikal)



Abb. 11 Lageplan des Messobjektes (Boden-Messpunkte entlang der farbigen Linie)

Lage des Objektes:	04178 Böhlitz-Ehrenberg, Leipziger Str. 50a (Flurstück 110)
Beschreibung:	Erboden neben Straßenbahnstrecke mit dem für die Gorkistraße geplanten Oberbau
Gelände:	Lage des Straßenbahngleises zum Gelände: niveaugleich Gelände im Ausbreitungsweg: befestigter Fußweg, Rasen, Gebüsch

- **MP 1z 8 m** Erdboden, Rasen neben dem Fußweg, z-Richtung (vertikal)
- **MP 2z 16 m** Erdboden, Rasen neben dem Fußweg, z-Richtung (vertikal)
- **MP 3z 32 m** Erdboden, Rasen, z-Richtung (vertikal)
- **MP 4z 40 m** Erdboden, Rasen, z-Richtung (vertikal)



Abb. 12 Messaufnehmer 8 m Abstand zum nächstgelegenen Gleis (MP 1z Boden)



Abb. 13 Messaufnehmer in 16 m Abstand zum nächstgelegenen Gleis (MP 2z Boden)



Abb. 14 Messaufnehmer in 32 m Abstand zum nächstgelegenen Gleis (MP 3z Boden)



Abb. 15 Messaufnehmer in 40 m Abstand zum nächstgelegenen Gleis (MP 4z Boden)

IX. Messpunkte der Ausbreitungsmessung "Oberbau Bestand"

- Erdspieße im Boden Gorkistraße, Parkplatz Flurstück 72+73
8 m, 16 m, 24 m zur nächstgelegenen Gleisachse; Messung in z-Richtung
(vertikal)



Abb. 16 Lageplan des Messobjektes (Boden-Messpunkte entlang der farbigen Linie)

Lage des Objektes:	04347 Leipzig, Gorkistr. Flurstück 72+73
Beschreibung:	Erboden neben Straßenbahnstrecke mit dem in der Gorkistraße aktuell vorhandenen Oberbau
Gelände:	Lage des Straßenbahngleises zum Gelände: niveaugleich Gelände im Ausbreitungsweg: befestigter Fußweg, Rasen, Gebüsch, Parkplatz mit verdichteter Schotter-Oberfläche

- **MP 1z 8 m** Erdboden, neben dem Fußweg, z-Richtung (vertikal)
- **MP 2z 16 m** Erdboden, Rasen neben dem Parkplatz, z-Richtung (vertikal)
- **MP 3z 24 m** Erdboden, Rasen neben dem Parkplatz, z-Richtung (vertikal)



Abb. 17 Messaufnehmer in 8 m Abstand zum nächstgelegenen Gleis (MP 1z Boden)



Abb. 18 Messaufnehmer in 16 m Abstand zum nächstgelegenen Gleis (MP 2z Boden)



Abb. 19 Messaufnehmer in 124 m Abstand zum nächstgelegenen Gleis (MP 3z Boden)

Anhang 4.2 Messwerte des Straßenbahnverkehrs, Gorkistraße 41

Maximalwerte der bewerteten Schwingstärke KB, Messwerte Ist-Zustand

Messobjekt: Gorkistraße 41 (Wohngebäude)

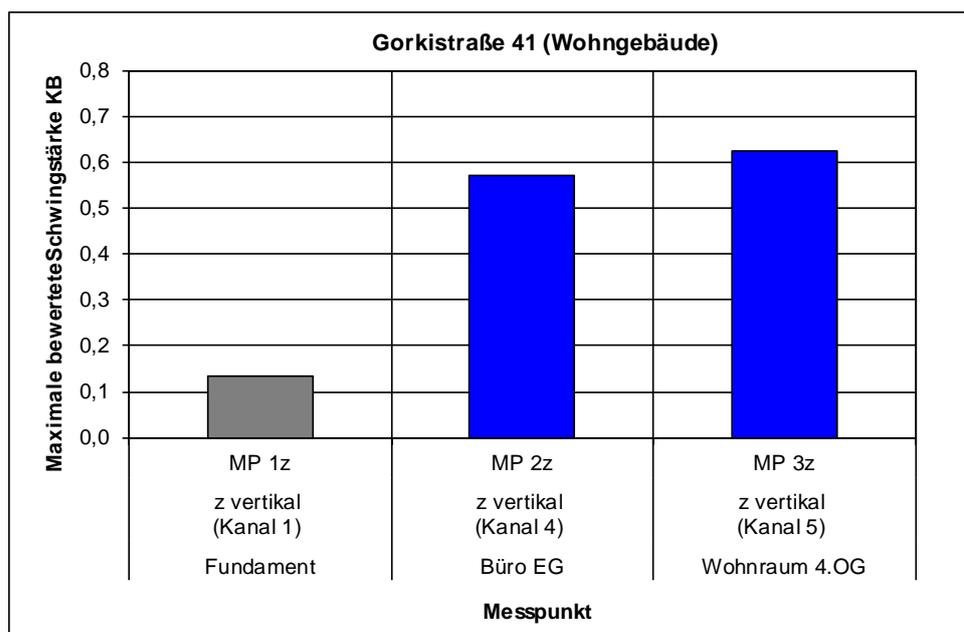
Fußboden, Fundament

Datum: 04.03.2021

Gleis-Nr., bezogen auf Messobjekt: 1 - nächstgelegenes Gleis (Bestand) Richtung Mockau/Schönefeld ->

2 - Gleis (Bestand) Gegenrichtung Zentrum/Lausen <-

Datei/Uhrzeit	Zug-Nr./Fahrzeug	Fahrt-richt.	Fahr-geschw.	Zuglänge	Fundament	Büro EG	Wohnraum 4.OG
					z vertikal (Kanal 1)	z vertikal (Kanal 4)	z vertikal (Kanal 5)
			km/h	m	MP 1z	MP 2z	MP 3z
<i>Straßenbahn Gleis 1, Li. 1 Richtung Mockau/Schönefeld</i>							
11-59-18	0158 XL	->	30	36	0,13	0,41	0,49
11-05-46	0154 XL	->	28	36	0,14	0,48	0,53
11-17-02	2172 Tatra T4D-M	->	24	45	0,13	0,77	0,56
11-27-35	0151 XL	->	33	37	0,12	0,42	0,60
11-39-46	1007 XL	->	20	37	0,12	0,38	0,52
11-47-30	1001 XL	->	25	36	0,10	0,46	0,46
12-02-57	1308 Leoliner	->	29	22	0,16	0,65	0,72
12-07-21	1004 XL	->	24	37	0,13	0,50	0,50
12-19-29	1022 XL	->	26	36	0,12	0,49	0,52
12-28-02	1026 XL	->	38	37	0,12	0,64	0,72
12-35-45	2141 Tatra T4D-M	->	27	44	0,13	0,62	0,62
12-45-46	1025 XL	->	43	37	0,17	0,62	0,88
12-56-59	1024 XL	->	45	37	0,15	0,58	0,64
13-07-24	1018 XL	->	29	37	0,12	0,41	0,49
13-17-45	1042 XI	->	36	37	0,11	0,58	0,72
13-26-56	2172 Tatra T4D-M	->	29	45	0,15	0,86	0,79
Mittelwert $KB_{F_{Tm}}$					0,13	0,57	0,62
Maximalwert $KB_{F_{max}}$					0,17	0,86	0,88



Die Fahrzeuglänge wurde aus den erfassten Lichtschranken-Messwerten berechnet und unterliegt dementsprechend einer technisch begrenzten Genauigkeit.

Im Messzeitraum verkehrten Straßenbahnen des Bautyps NGT10 (12x) als auch T4D-M (2x) und NGTW6 (1x). Die Messwerte stellen somit Mittelwerte über diese Fahrzeugtypen mit einer vorrangigen Gewichtung auf den zukünftig für den untersuchten Abschnitt vorgesehenen Typ NGT10 dar.

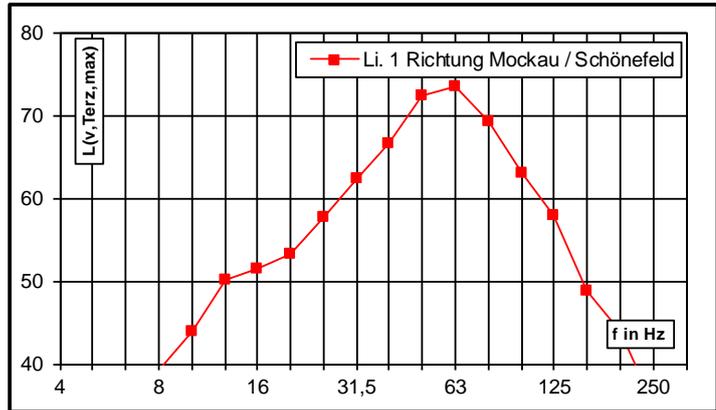
Erschütterungsmessung - Straßenbahnverkehr

Gorkistraße 41, 04347 Leipzig		MP 2z - EG, Büroraum, z (vertikal)	Ist-Zustand			
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet	Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts	
		M = Mischgebiet / Außenb.		unterer Anhaltswert A_u	0,225	0,150
		G = Gewerbegebiet		oberer Anhaltswert A_o	3,00	0,60
		I = Industriegebiet		Anhaltswert A_r	0,105	0,075
		K = besondere Gebiete				

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log (v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
im Boden, 8 m von der Gleisachse

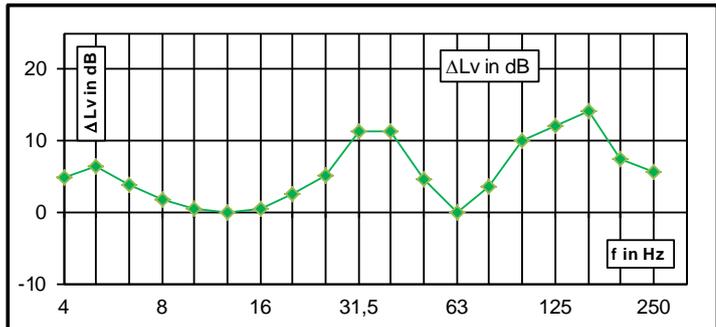
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
NGT 10 (38 m)	50	166	20
Spektr = Messung cdf März 2021			
8x NGT10 "XL", 1x NGTW6 + 1x T4D-M			
Zugzahlen = Linie 1, Prognose 2030			



Übertragungsweg

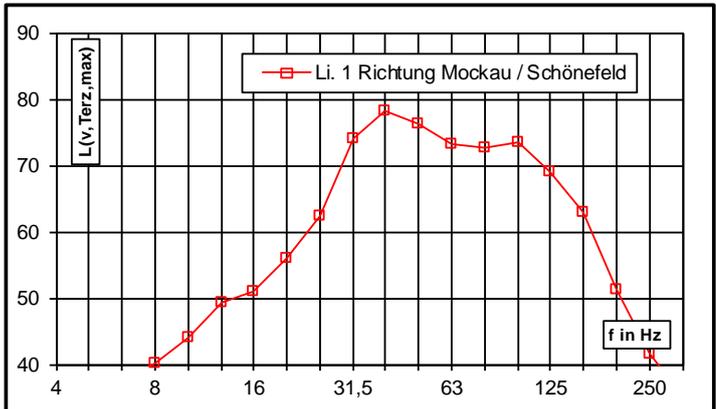
$\Delta L_v = L_v(\text{IO}) - L_v(8\text{m-MP})$ in dB
vom 8 m-Punkt zum Gebäude (Decke) EG

Gebäudeabstand	3,5 m
Deckentyp	Massivdecke



Erschütterungs-Immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log (v / 10^{-5.5} \text{ mm/s})$
auf der Geschossdecke, vertikal



Bewertete Schwingstärke KB				
	KB_{Fmax}	KB_{FTm}	KB_{FTt}	KB_{FTr}
	Messwert	Messwert	Tag	Nacht
NGT 10 (38 m) Linie 1	0,86	0,57	0,17	0,06
gesamt	0,86	0,57	0,17	0,06

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{FTt} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
ja	ja	nein	ja	ja	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v			
	v_{max}		
am Fundament	0,18	mm/s	
auf der Geschossdecke	0,71	mm/s	

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschw ingungen, vertikal	20 mm/s	nein

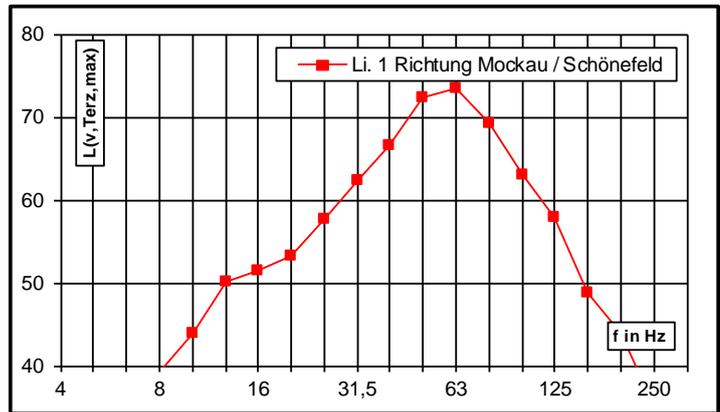
Erschütterungsmessung - Straßenbahnverkehr

Gorkistraße 41, 04347 Leipzig		MP 3z - 4.OG, Wohnraum, z (vertikal)	Ist-Zustand			
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet	Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts	
		M = Mischgebiet / Außenb.		unterer Anhaltswert A_u	0,225	0,150
		G = Gewerbegebiet		oberer Anhaltswert A_o	3,00	0,60
		I = Industriegebiet		Anhaltswert A_r	0,105	0,075
		K = besondere Gebiete				

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
im Boden, 8 m von der Gleisachse

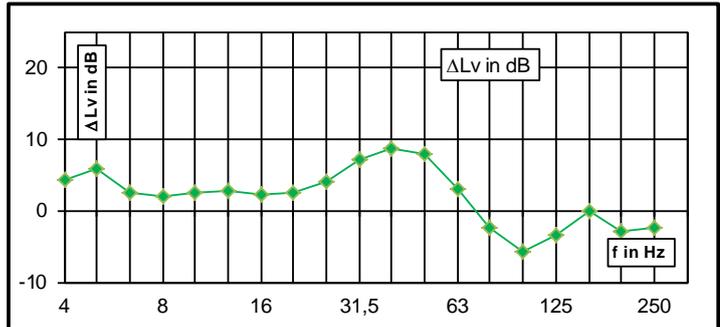
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
NGT 10 (38 m)	50	166	20
Spektr = Messung cdf März 2021			
8x NGT10 "XL", 1x NGTW6 + 1x T4D-M			
Zugzahlen = Linie 1, Prognose 2030			



Übertragungsweg

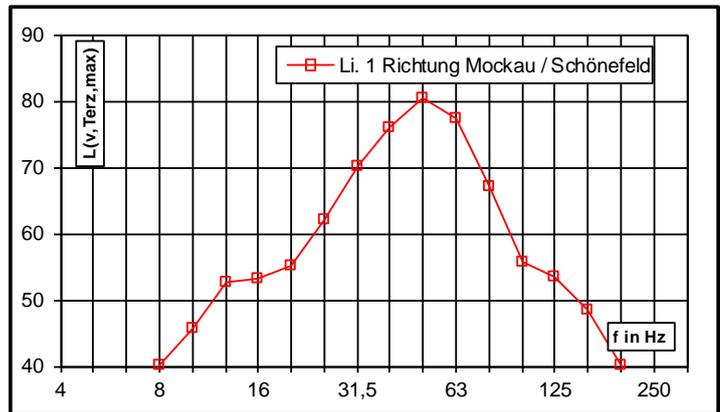
$\Delta L_v = L_v(\text{IO}) - L_v(8\text{m-MP})$ in dB
vom 8 m-Punkt zum Gebäude (Decke) 4.OG

Gebäudeabstand	3,5 m
Deckentyp	Massivdecke



Erschütterungs-Immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 10^{-5.5} \text{ mm/s})$
auf der Geschossdecke, vertikal



Bewertete Schwingstärke KB					
	KB_{Fmax}	KB_{FTm}	KB_{FTr}	KB_{FTr}	
	Messwert	Messwert	Tag	Nacht	
NGT 10 (38 m) Linie 1	0,88	0,62	0,18	0,09	
gesamt	0,88	0,62	0,18	0,09	

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{FTr} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
ja	ja	nein	ja	ja	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v			
am Fundament	$v_{max} =$	0,18	mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,75	mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschw ingungen, vertikal	20 mm/s	nein

Mittleres Terz-Maximalspektrum der Schwinggeschwindigkeit

Messobjekt: Gorkistraße 41, 04347 Leipzig

Datum: 04.03.2021

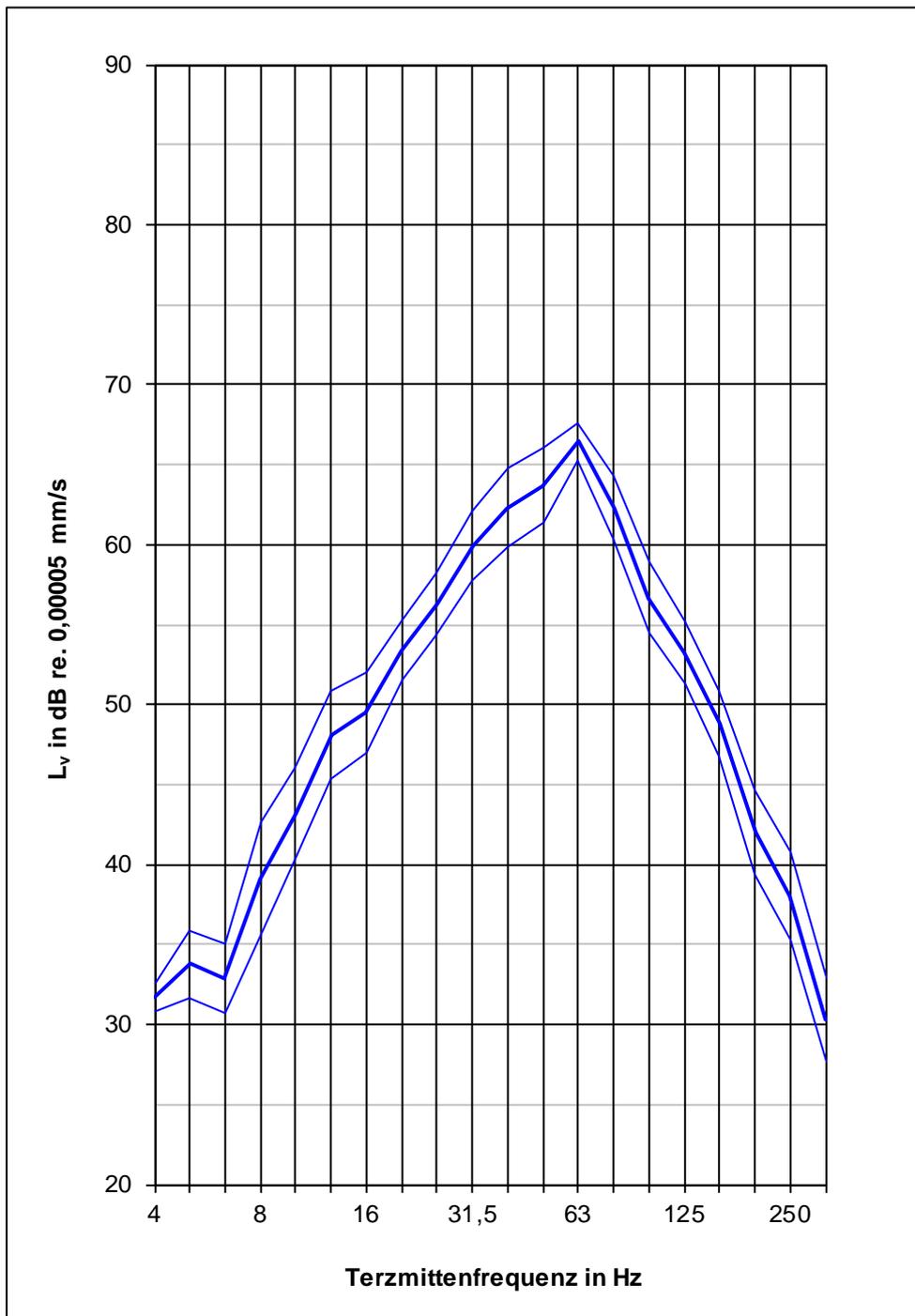
Zuggattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 1)**

Geschwindigkeit: 24...45 km/h

Gleis: **Li. 1 Richtung Mockau / Schönefeld**

ausgewertete Vorbeifahrten: 10

Messpunkt: **MP 1z - Fundament, z (vertikal)**



Darstellung: energetischer Mittelwert der Maximalspektren mit Streubereich (Standardabweichung)

Mittleres Terz-Maximalspektrum der Schwinggeschwindigkeit

Messobjekt: Gorkistraße 41, 04347 Leipzig

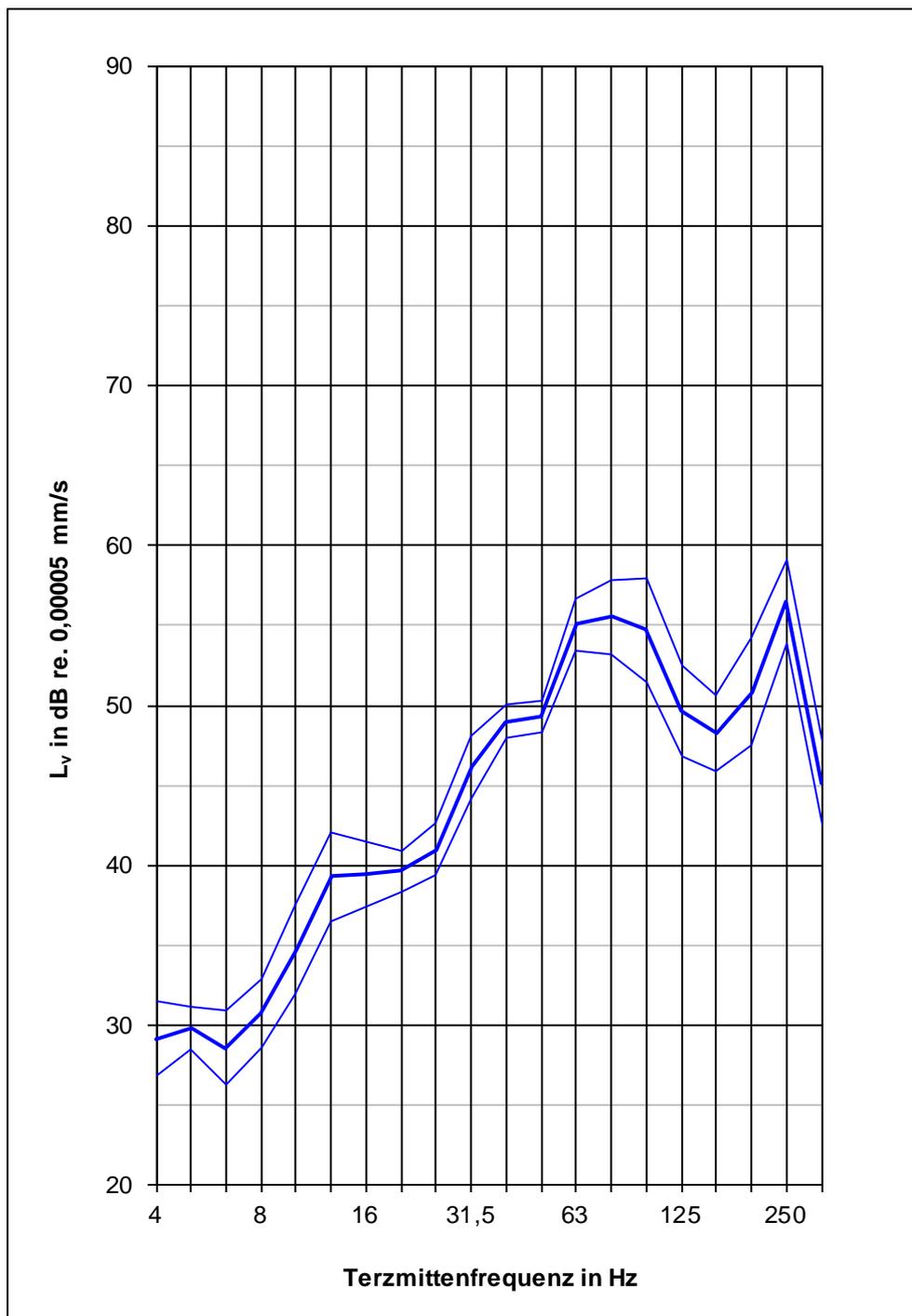
Datum: 04.03.2021

Zuggattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 1)**

Geschwindigkeit: 24...45 km/h

Gleis: **Li. 1 Richtung Mockau / Schönefeld** ausgewertete Vorbeifahrten: 10

Messpunkt: **MP 1x - Fundament (horizontal, senkrecht zum Gleis)**



Darstellung: energetischer Mittelwert der Maximalspektren mit Streubereich (Standardabweichung)

Mittleres Terz-Maximalspektrum der Schwinggeschwindigkeit

Messobjekt: Gorkistraße 41, 04347 Leipzig

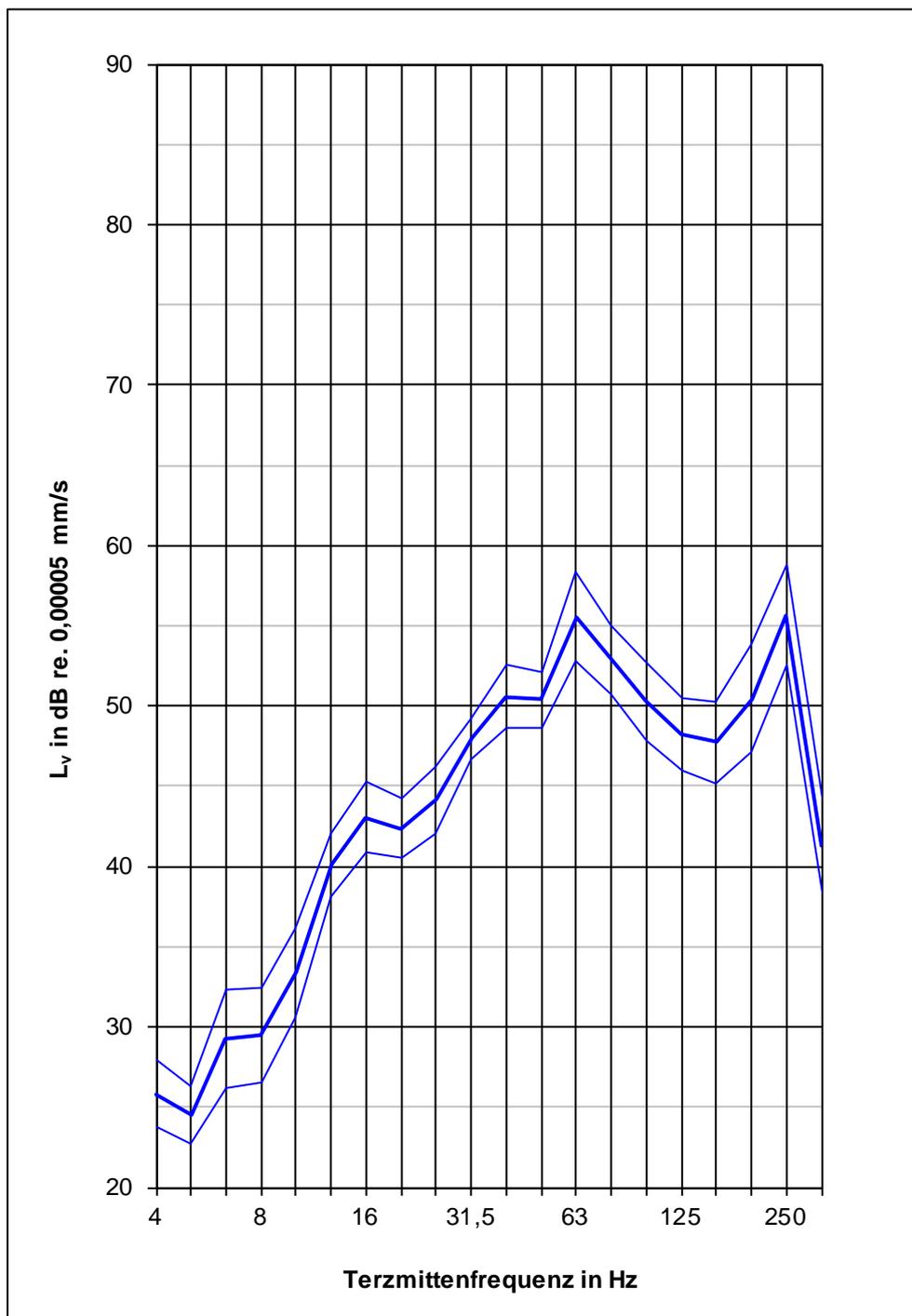
Datum: 04.03.2021

Zuggattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 1)**

Geschwindigkeit: 24...45 km/h

Gleis: **Li. 1 Richtung Mockau / Schönefeld** ausgewertete Vorbeifahrten: 10

Messpunkt: **MP 1y - Fundament (horizontal, parallel zum Gleis)**



Darstellung: energetischer Mittelwert der Maximalspektren mit Streubereich (Standardabweichung)

Mittleres Terz-Maximalspektrum der Schwinggeschwindigkeit

Messobjekt: Gorkistraße 41, 04347 Leipzig

Datum: 04.03.2021

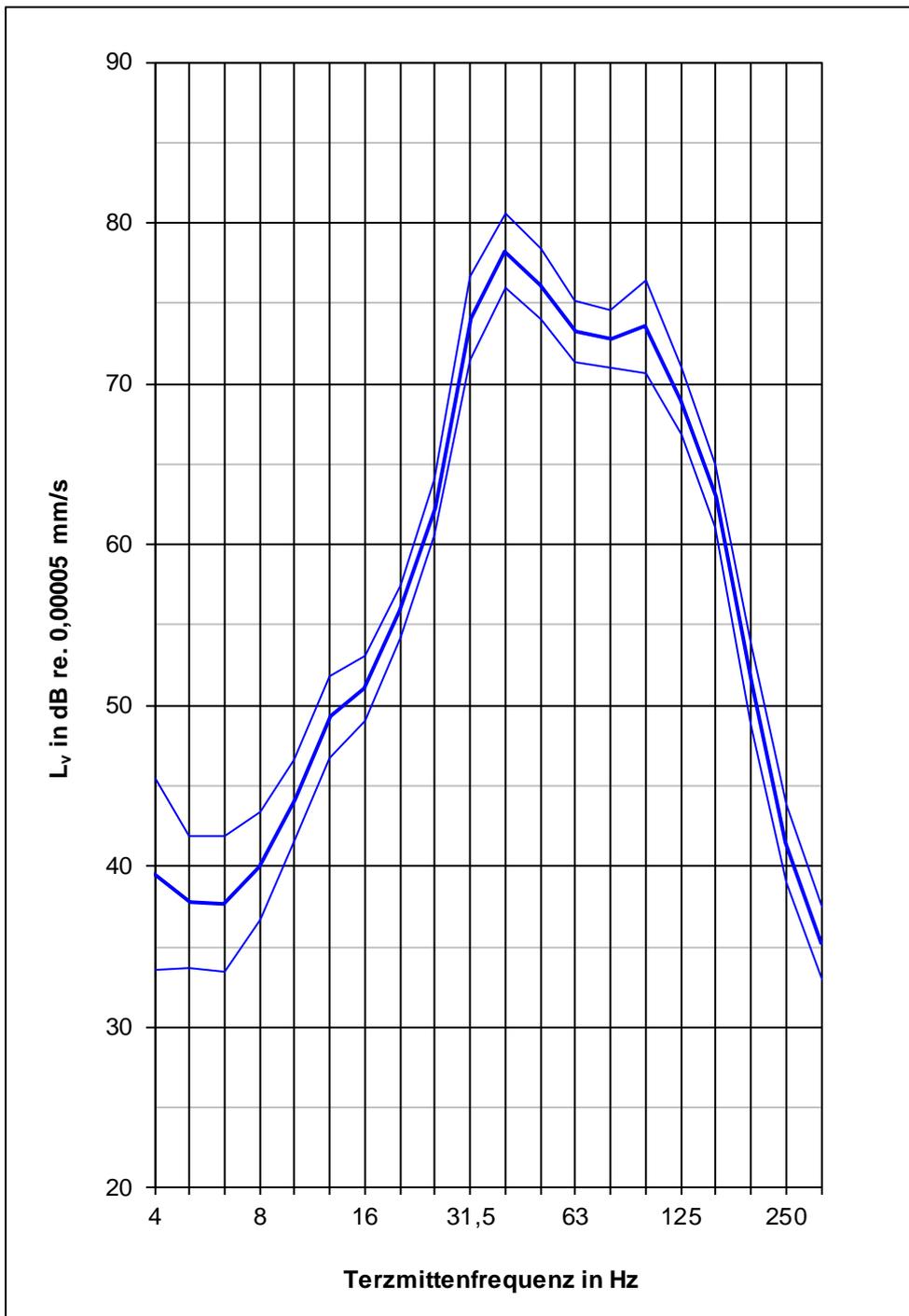
Zuggattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 1)**

Geschwindigkeit: 24...45 km/h

Gleis: **Li. 1 Richtung Mockau / Schönefeld**

ausgewertete Vorbeifahrten: 10

Messpunkt: **MP 2z - EG, Büroraum, z (vertikal)**



Darstellung: energetischer Mittelwert der Maximalspektren mit Streubereich (Standardabweichung)

Mittleres Terz-Maximalspektrum der Schwinggeschwindigkeit

Messobjekt: Gorkistraße 41, 04347 Leipzig

Datum: 04.03.2021

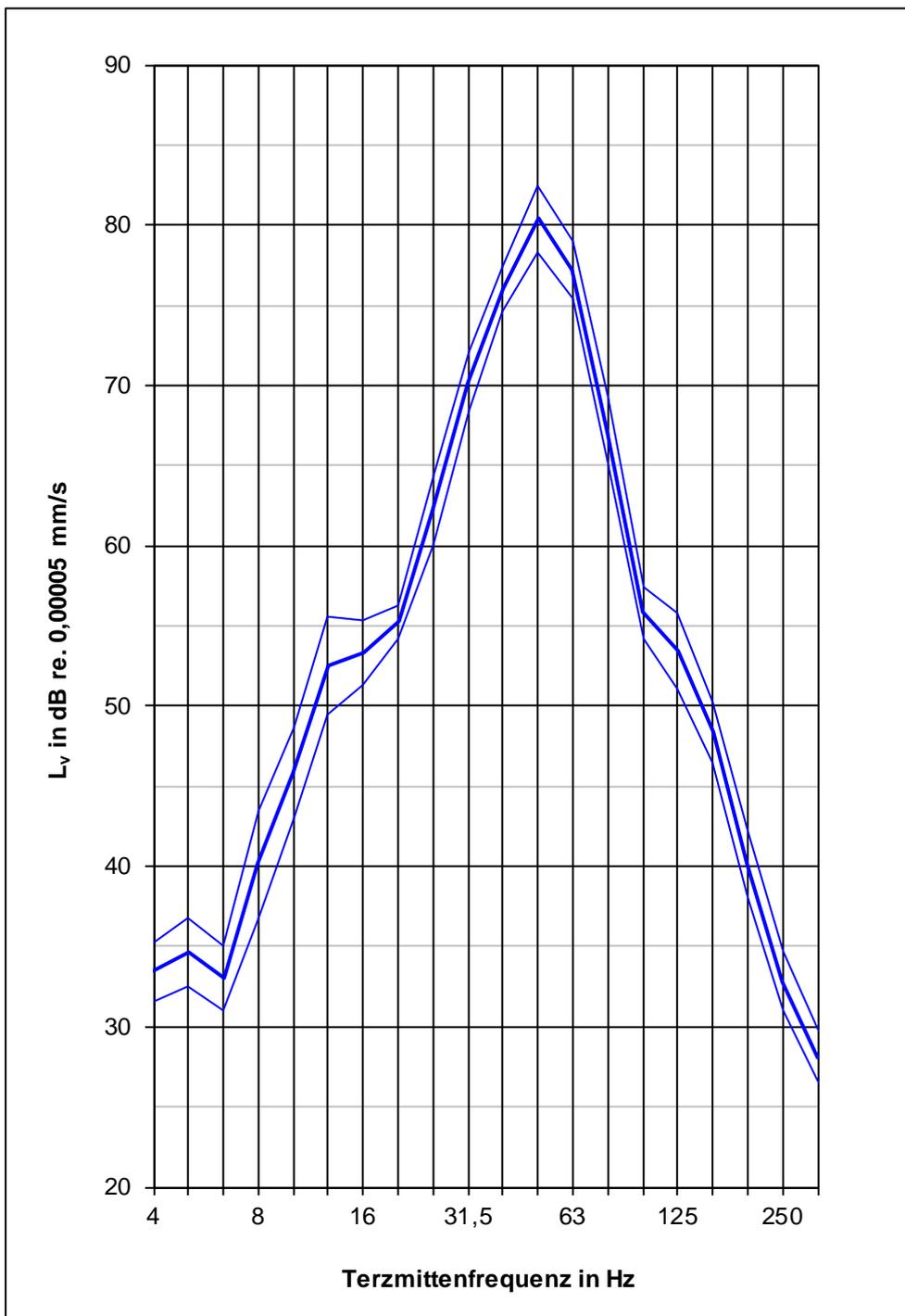
Zuggattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 1)**

Geschwindigkeit: 24...45 km/h

Gleis: **Li. 1 Richtung Mockau / Schönefeld**

ausgewertete Vorbeifahrten: 10

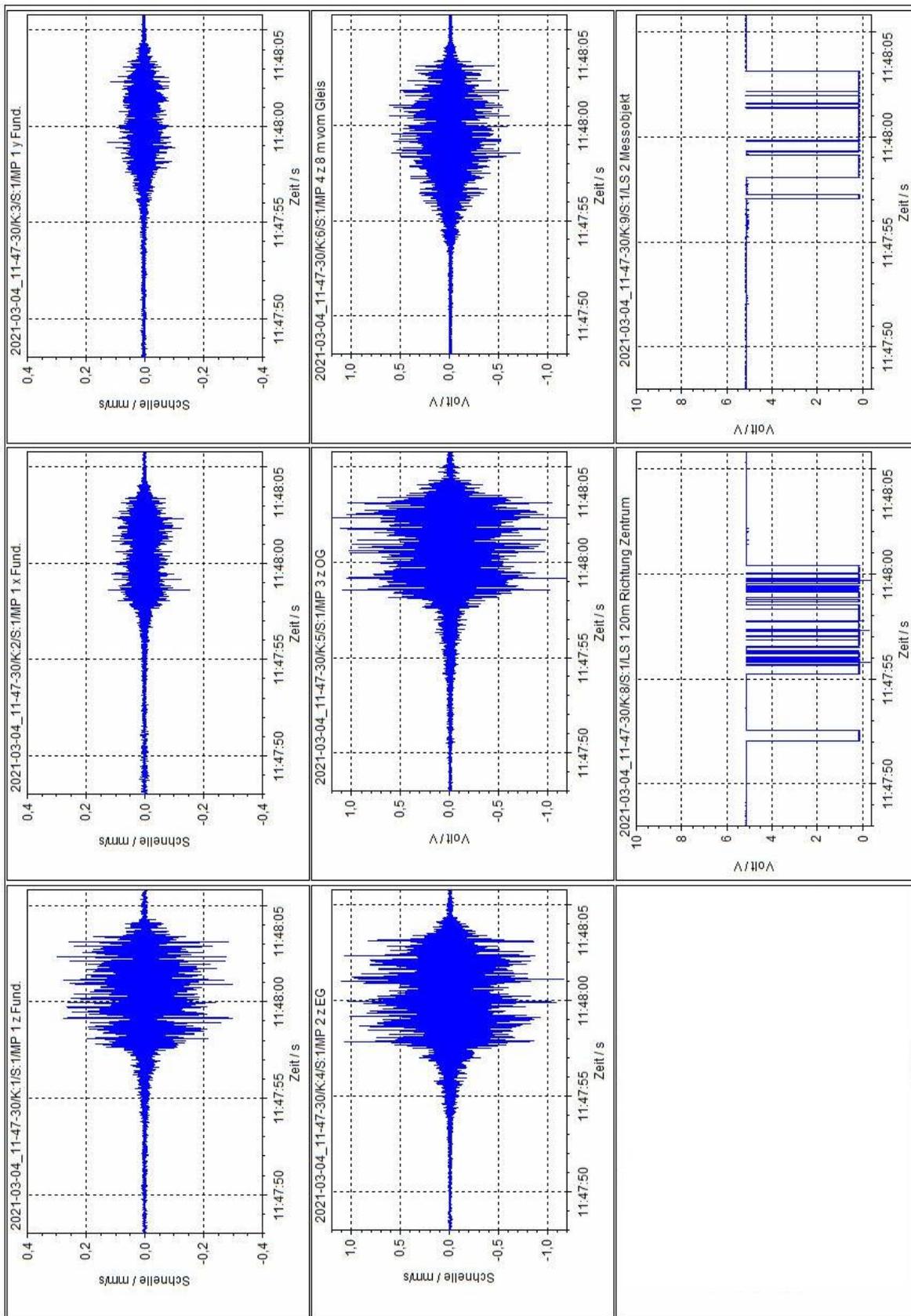
Messpunkt: **MP 3z - 4.OG, Wohnraum, z (vertikal)**



Darstellung: energetischer Mittelwert der Maximalspektren mit Streubereich (Standardabweichung)

Schwingungsgeschwindigkeits-Zeitverlauf einer ausgewählten Vorbeifahrt

NGT10 "XL", 25 km/h



Messobjekt: Gorkistraße 41 (Wohngebäude)
Datum: 04.03.2021

Fußboden, Fundament

	Fundament	Büro EG	Wohnraum 4.OG
	MP 1z/x/y	MP 2z	MP 3z
Maximalwert v_{\max}	0,49	2,01	2,05

Anhang 4.3 Messwerte des Straßenbahnverkehrs, Gorkistraße 29

Maximalwerte der bewerteten Schwingstärke KB, Messwerte Ist-Zustand

Messobjekt: Gorkistraße 29 (Wohngebäude), 04347 Leipzig

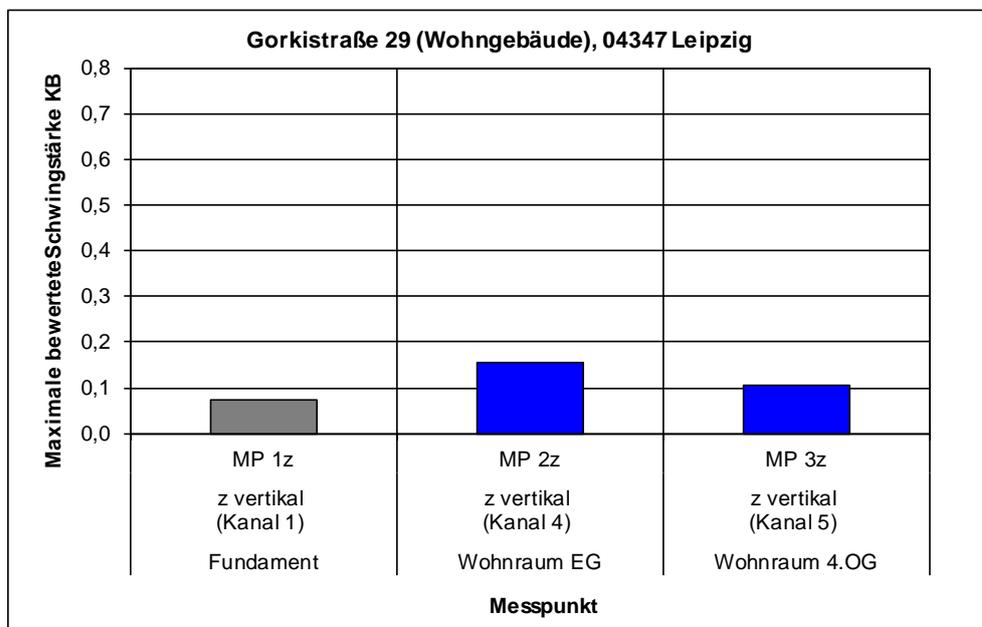
Fußboden, Fundament

Datum: 08.04.2021

Gleis-Nr., bezogen auf Messobjekt: 1 - nächstgelegenes Gleis (Bestand) Richtung Mockau/Schönefeld ->

2 - Gleis (Bestand) Gegenrichtung Zentrum/Lausen <-

					Fundament	Wohnraum EG	Wohnraum 4.OG
Datei/Uhrzeit	Zug-Nr./Fahrzeug	Fahrt-richt.	Fahr-geschw.	Zuglänge	z vertikal (Kanal 1)	z vertikal (Kanal 4)	z vertikal (Kanal 5)
			km/h	m	MP 1z	MP 2z	MP 3z
<i>Straßenbahn Gleis 1, Li. 1 Richtung Mockau/Schönefeld</i>							
13-49-39	1025 XL	->	29	36	0,03	0,07	0,04
13-59-41	1006 XL	->	37	38	0,18	0,14	0,07
14-08-03	2122 Tatra T4D-M	->	26	45	0,09	0,23	0,17
14-17-46	1043 XL	->	27	37	0,06	0,18	0,14
14-28-31	1029 XL	->	26	36	0,10	0,22	0,10
14-38-55	1047 XL	->	32	36	0,02	0,06	0,04
14-53-24 Tatra T4D-M	->	42	45	0,04	0,24	0,11
14-59-20	1004 XL	->	26	38	0,03	0,06	0,05
15-10-12	1016 XL	->	29	38	0,07	0,13	0,06
15-17-06	1027 XL	->	32	38	0,05	0,19	0,21
15-40-59	1025 XL	->	27	37	0,03	0,07	0,06
15-52-34	1033 XL	->	33	37	0,03	0,10	0,08
Mittelwert KB_{FTm}					0,07	0,16	0,11
Maximalwert KBF_{max}					0,18	0,24	0,21



Die Fahrzeuglängen wurde aus den erfassten Lichtschranken-Messwerten berechnet und unterliegt dementsprechend einer technisch begrenzten Genauigkeit.

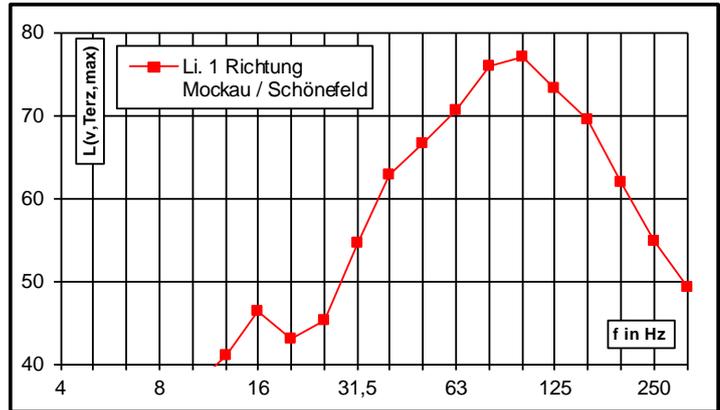
Erschütterungsmessung - Straßenbahnverkehr

Gorkistraße 29, 04347 Leipzig		MP 3z - 4.OG, gepl. Wohnraum, z (vertikal)	Ist-Zustand			
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet	Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts	
		M = Mischgebiet / Außenb.		unterer Anhaltswert A_u	0,225	0,150
		G = Gewerbegebiet		oberer Anhaltswert A_o	3,00	0,60
		I = Industriegebiet		Anhaltswert A_r	0,105	0,075
		K = besondere Gebiete				

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log (v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
im Boden, 8 m von der Gleisachse

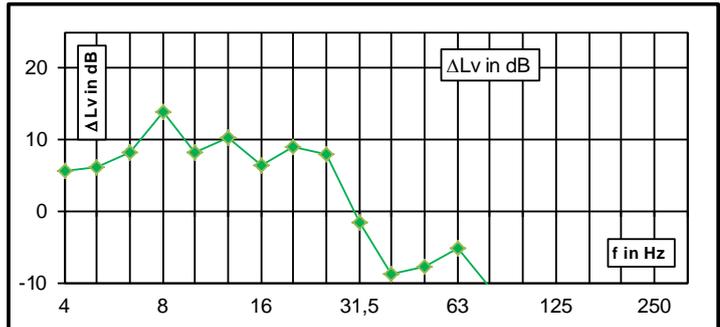
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
NGT 10 (38 m)	50	166	20
Spektr = Messung cdf März 2021			
8x NGT10 "XL", 2x T4D-M			
Zugzahlen = Linie 1, Prognose 2030			



Übertragungsweg

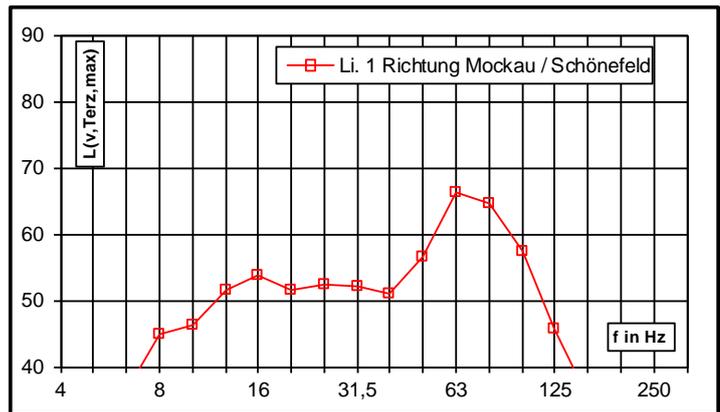
$\Delta L_v = L_v(\text{IO}) - L_v(8\text{m-MP})$ in dB
vom Messpunkt Fußweg zum Geb. (Deck 4.OG)

Gebäudeabstand	3,5 m
Deckentyp	Massivdecke



Erschütterungs-Immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log (v / 10^{-5.5} \text{ mm/s})$
auf der Geschossdecke, vertikal



Bewertete Schwingstärke KB					
		KB_{Fmax}	KB_{FTm}	KB_{FTt}	KB_{FTr}
		Messwert	Messwert	Tag	Nacht
NGT 10 (38 m)	Linie 1	0,21	0,11	0,032	0,016
gesamt		0,21	0,11	0,03	0,02

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{FTt} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
nein	ja	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v			
am Fundament	$v_{max} =$	0,08	mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,15	mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

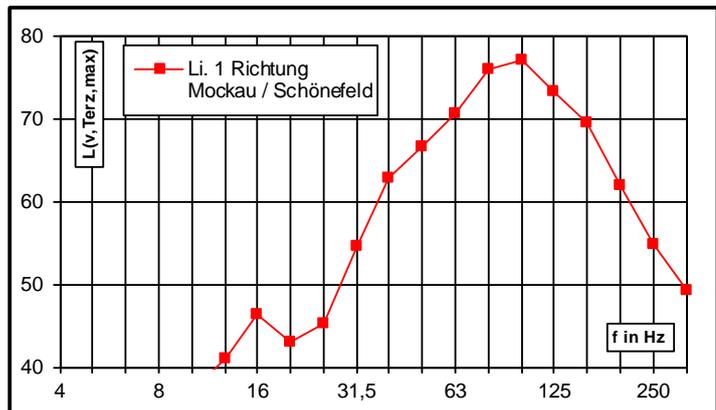
Erschütterungsmessung - Straßenbahnverkehr

Gorkistraße 29, 04347 Leipzig		MP 2z - EG, gepl. Wohnraum, z (vertikal)	Ist-Zustand			
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet	Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts	
		M = Mischgebiet / Außenb.		unterer Anhaltswert A_u	0,225	0,150
		G = Gewerbegebiet		oberer Anhaltswert A_o	3,00	0,60
		I = Industriegebiet		Anhaltswert A_r	0,105	0,075
		K = besondere Gebiete				

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log (v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
im Boden, 8 m von der Gleisachse

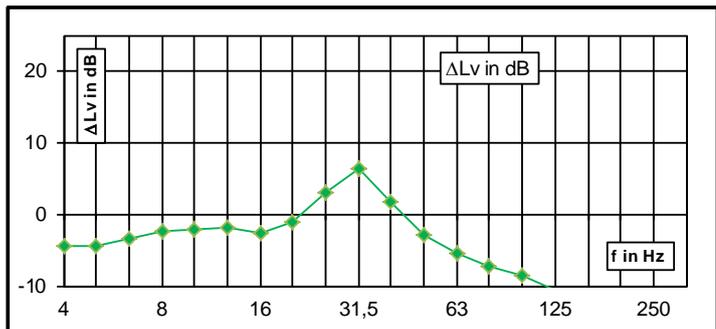
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
NGT 10 (38 m)	50	166	20
Spektr. = Messung cdf März 2021			
8x NGT10 "XL", 2x T4D-M			
Zugzahlen = Linie 1, Prognose 2030			



Übertragungsweg

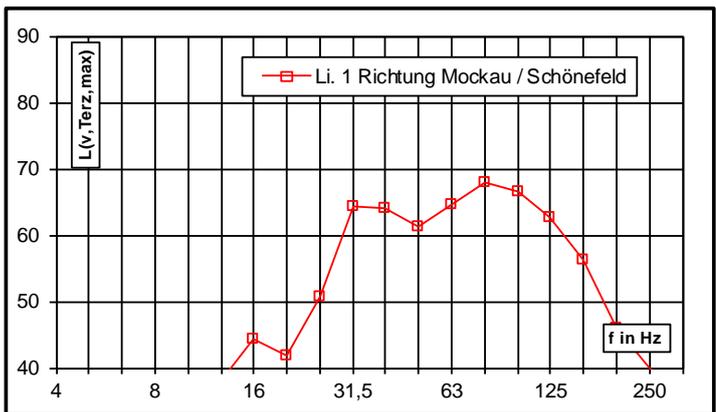
$\Delta L_v = L_v(\text{IO}) - L_v(8\text{m-MP})$ in dB
vom Messpunkt Fußweg zum Geb. (Deck EG)

Gebäudeabstand	3,5 m
Deckentyp	Massivdecke



Erschütterungs-Immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log (v / 10^{-5.5} \text{ mm/s})$
auf der Geschossdecke, vertikal



Bewertete Schwingstärke KB					
		KB_{Fmax}	KB_{FTm}	KB_{FTr}	KB_{FTr}
		Messwert	Messwert	Tag	Nacht
NGT 10 (38 m)	Linie 1	0,24	0,16	0,047	0,016
gesamt		0,24	0,16	0,05	0,02

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{FTr} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
ja	ja	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v			
am Fundament	$v_{max} =$	0,08	mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,23	mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

Mittleres Terz-Maximalspektrum der Schwinggeschwindigkeit

Messobjekt: Gorkistraße 29, 04347 Leipzig

Datum: 08.04.2021

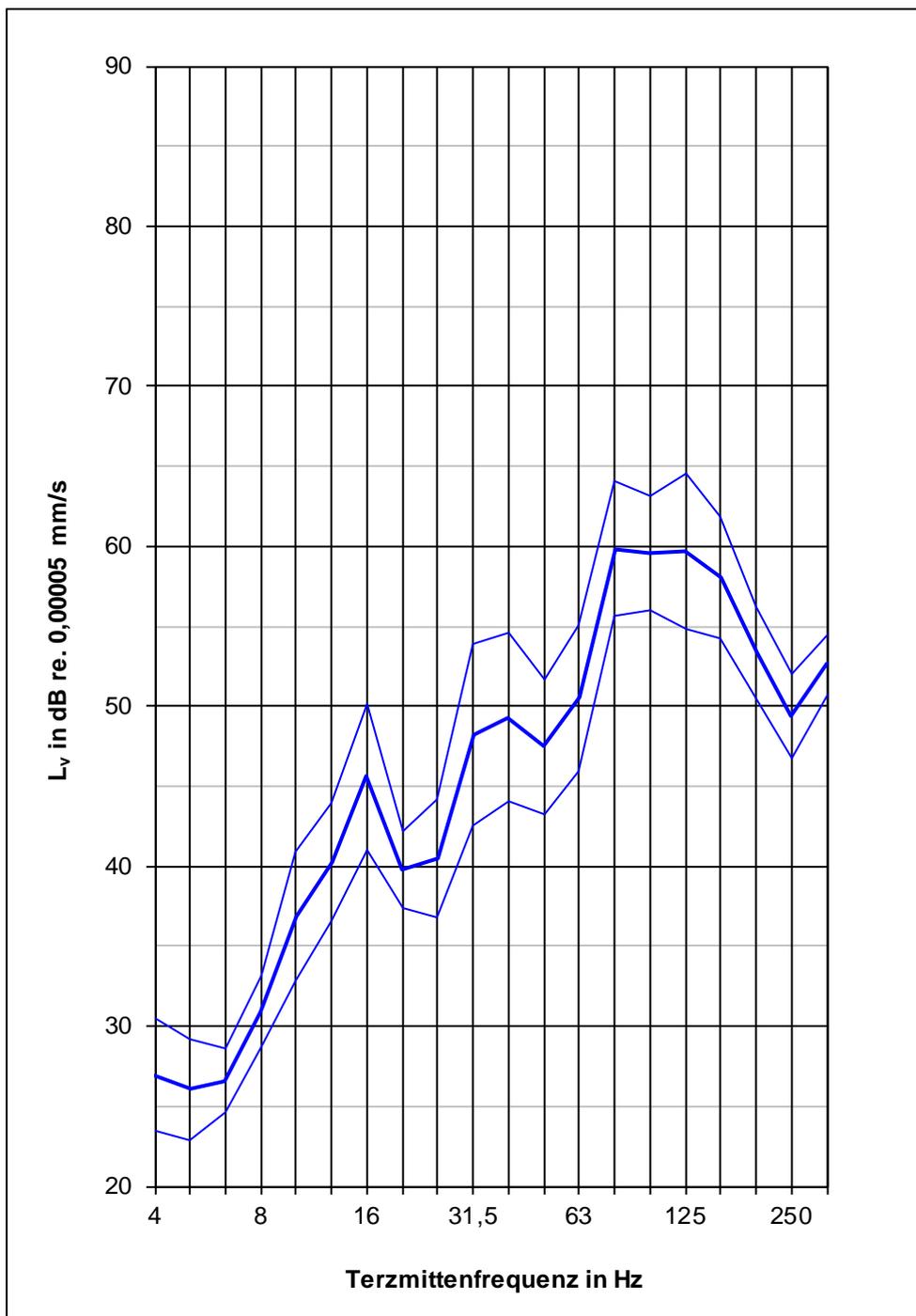
Zuggattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 1)**

Geschwindigkeit: 36...45 km/h

Gleis: **Li. 1 Richtung Mockau / Schönefeld**

ausgewertete Vorbeifahrten: 10

Messpunkt: **MP 1z - Fundament, z (vertikal)**



Darstellung: energetischer Mittelwert der Maximalspektren mit Streubereich (Standardabweichung)

Mittleres Terz-Maximalspektrum der Schwinggeschwindigkeit

Messobjekt: Gorkistraße 29, 04347 Leipzig

Datum: 08.04.2021

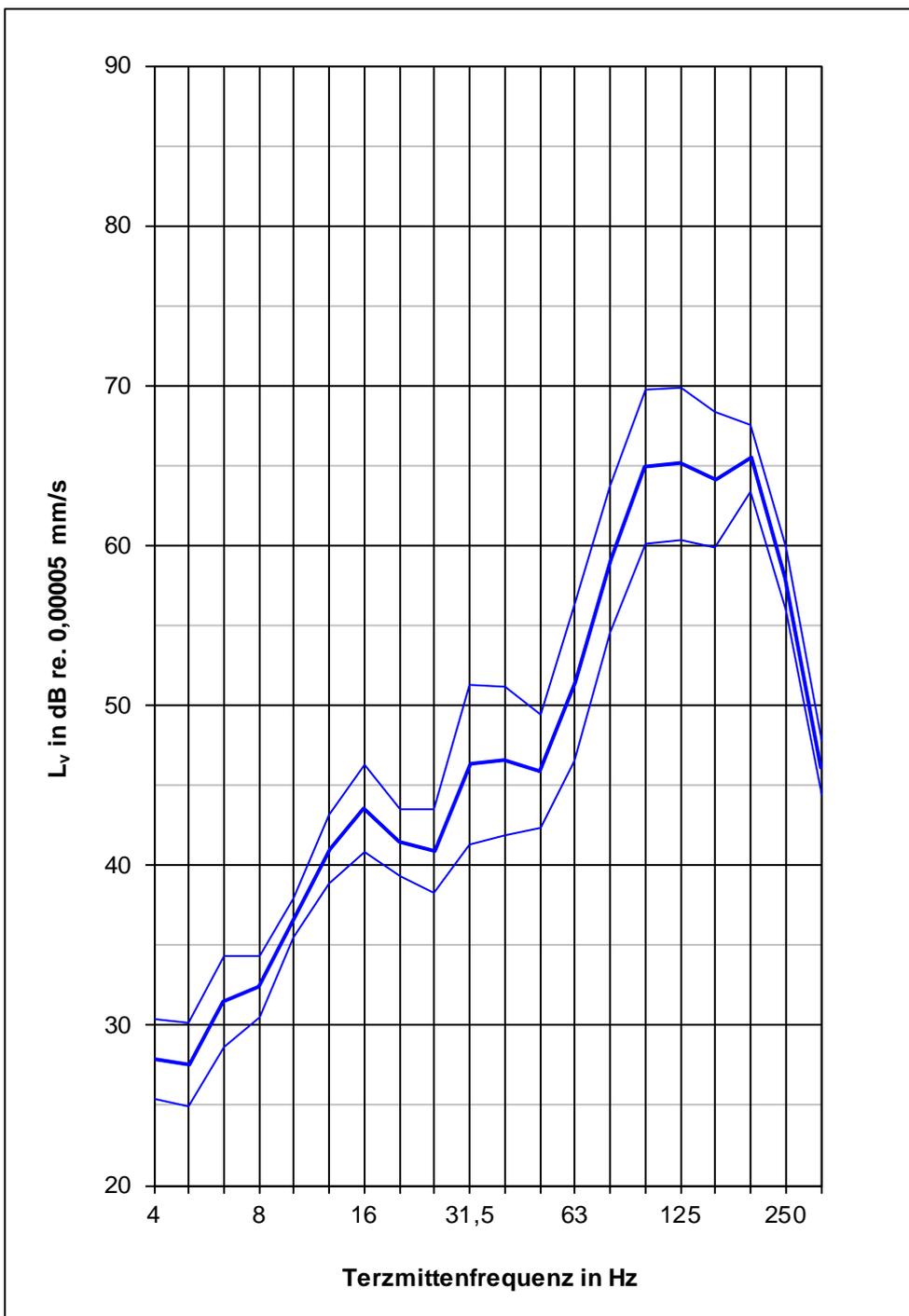
Zuggattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 1)**

Geschwindigkeit: 36...45 km/h

Gleis: **Li. 1 Richtung Mockau / Schönefeld**

ausgewertete Vorbeifahrten: 10

Messpunkt: **MP 1x - Fundament (horizontal, senkrecht zum Gleis)**



Darstellung: energetischer Mittelwert der Maximalspektren mit Streubereich (Standardabweichung)

Mittleres Terz-Maximalspektrum der Schwinggeschwindigkeit

Messobjekt: Gorkistraße 29, 04347 Leipzig

Datum: 08.04.2021

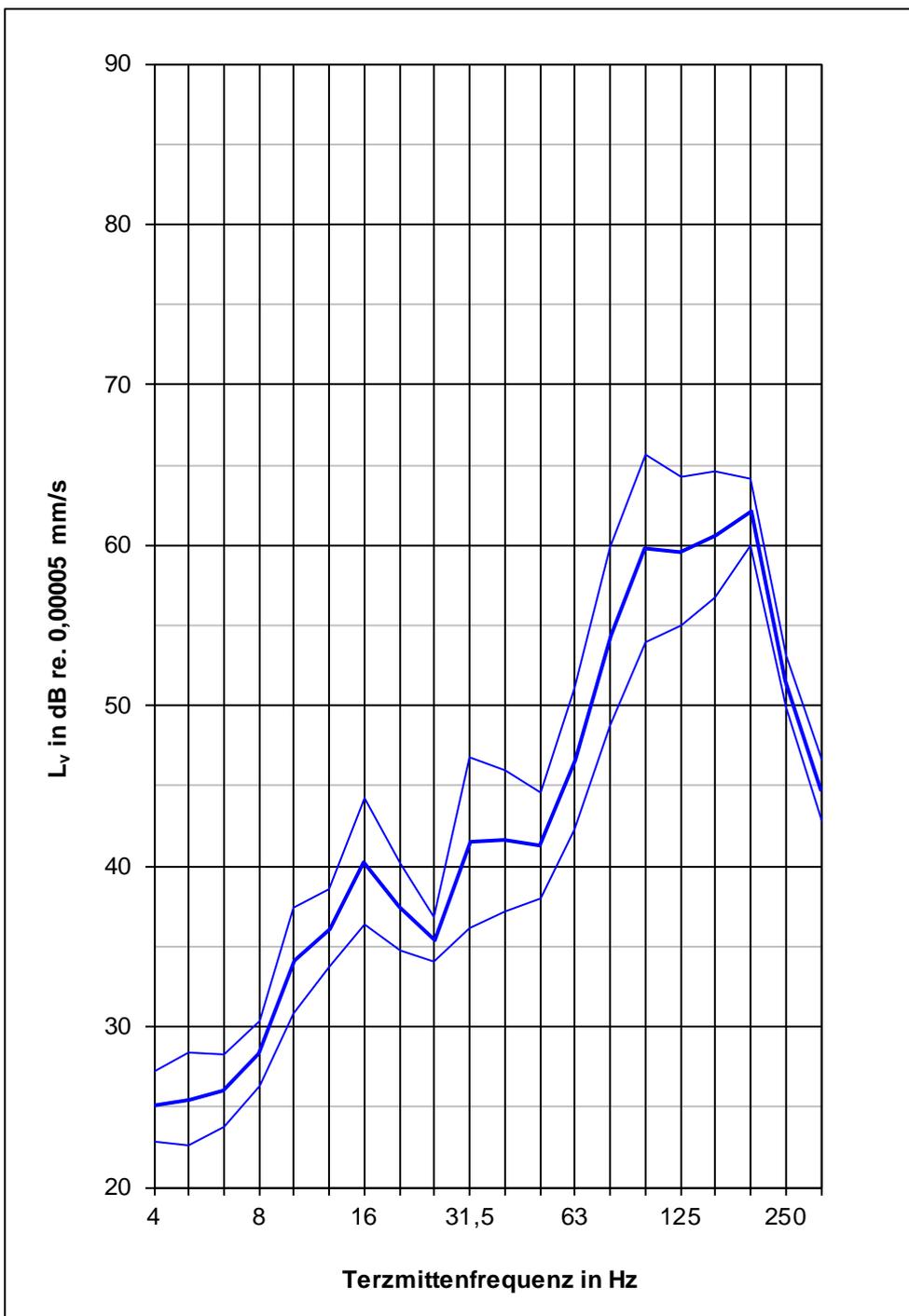
Zuggattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 1)**

Geschwindigkeit: 36...45 km/h

Gleis: **Li. 1 Richtung Mockau / Schönefeld**

ausgewertete Vorbeifahrten: 10

Messpunkt: **MP 1y - Fundament (horizontal, parallel zum Gleis)**



Darstellung: energetischer Mittelwert der Maximalspektren mit Streubereich (Standardabweichung)

Mittleres Terz-Maximalspektrum der Schwinggeschwindigkeit

Messobjekt: Gorkistraße 29, 04347 Leipzig

Datum: 08.04.2021

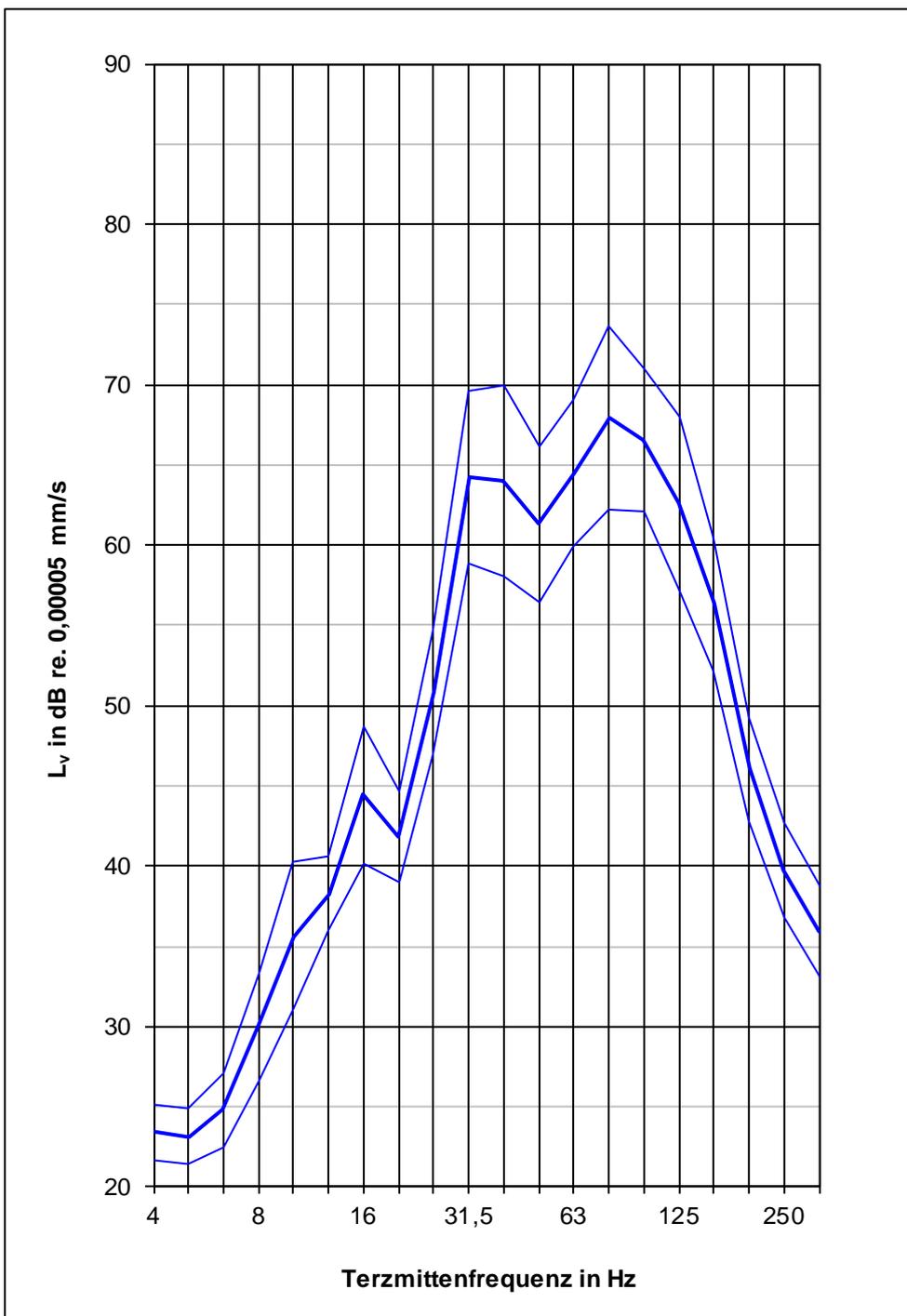
Zuggattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 1)**

Geschwindigkeit: 36...45 km/h

Gleis: **Li. 1 Richtung Mockau / Schönefeld**

ausgewertete Vorbeifahrten: 10

Messpunkt: **MP 2z - EG, gepl. Wohnraum, z (vertikal)**



Darstellung: energetischer Mittelwert der Maximalspektren mit Streubereich (Standardabweichung)

Mittleres Terz-Maximalspektrum der Schwinggeschwindigkeit

Messobjekt: Gorkistraße 29, 04347 Leipzig

Datum: 08.04.2021

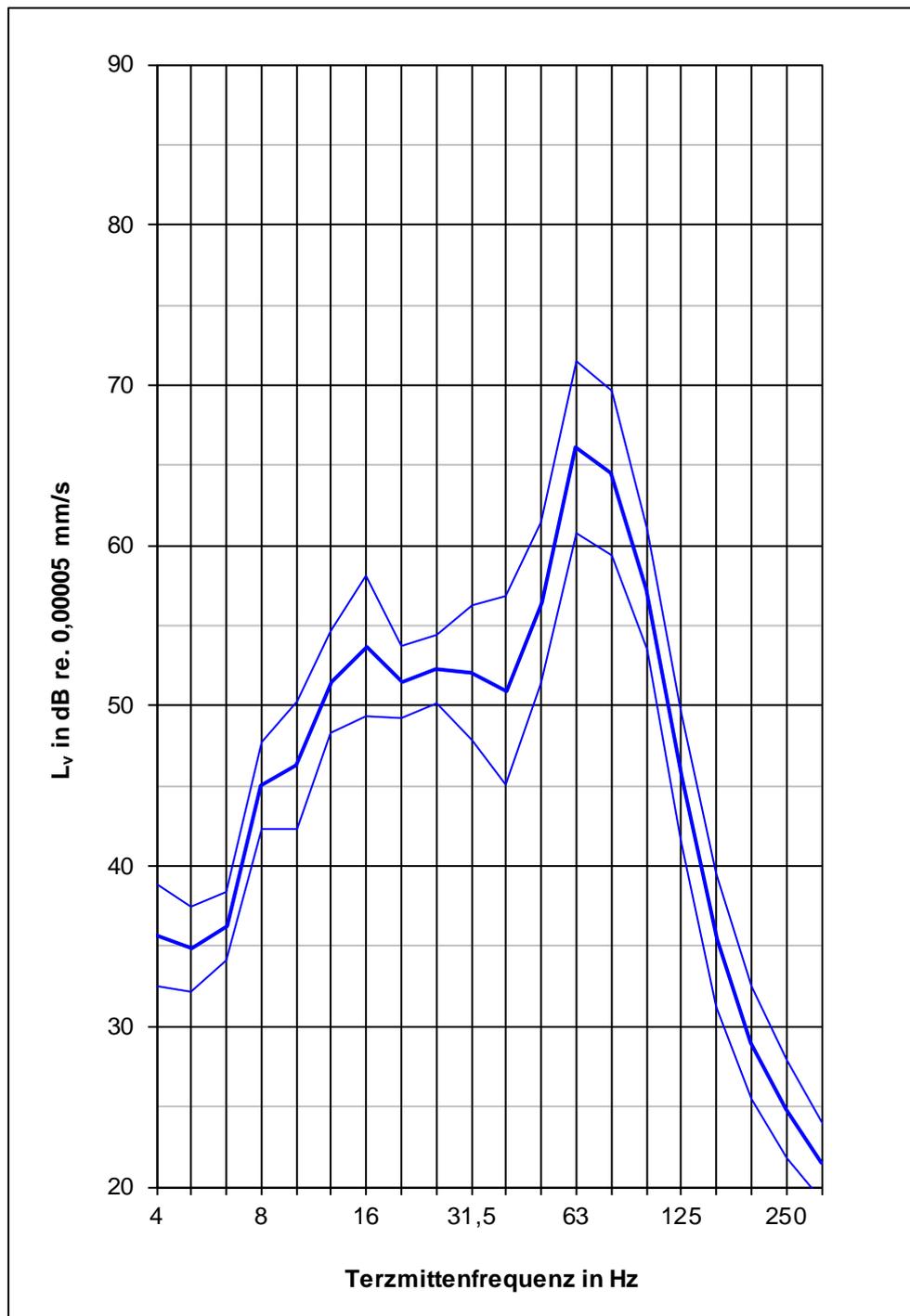
Zuggattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 1)**

Geschwindigkeit: 36...45 km/h

Gleis: **Li. 1 Richtung Mockau / Schönefeld**

ausgewertete Vorbeifahrten: 10

Messpunkt: **MP 3z - 4.OG, gepl. Wohnraum, z (vertikal)**



Darstellung: energetischer Mittelwert der Maximalspektren mit Streubereich (Standardabweichung)

Mittleres Terz-Maximalspektrum der Schwinggeschwindigkeit

Messobjekt: Gorkistraße 29, 04347 Leipzig

Datum: 08.04.2021

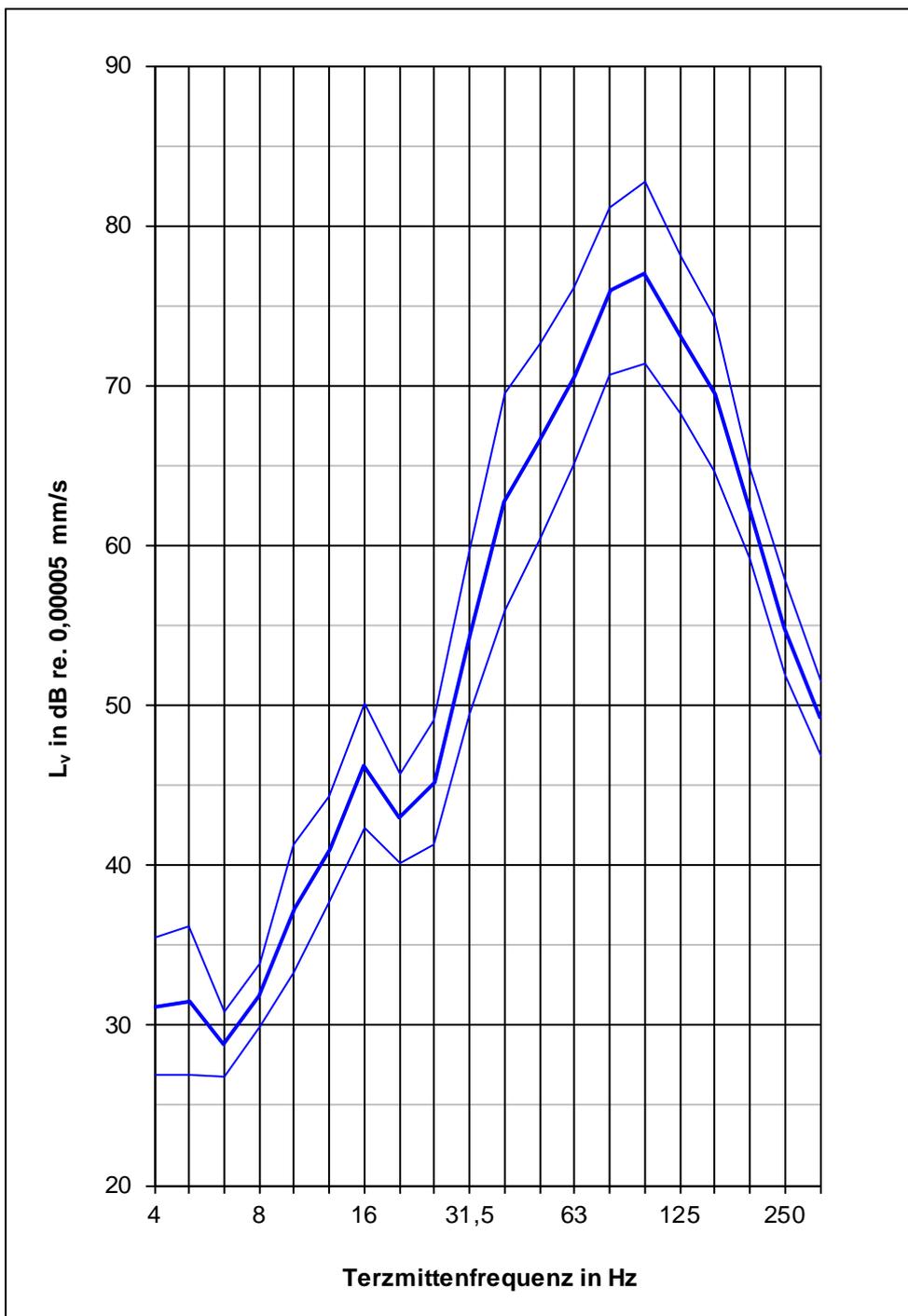
Zuggattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 1)**

Geschwindigkeit: 36...45 km/h

Gleis: **Li. 1 Richtung Mockau / Schönefeld**

ausgewertete Vorbeifahrten: 10

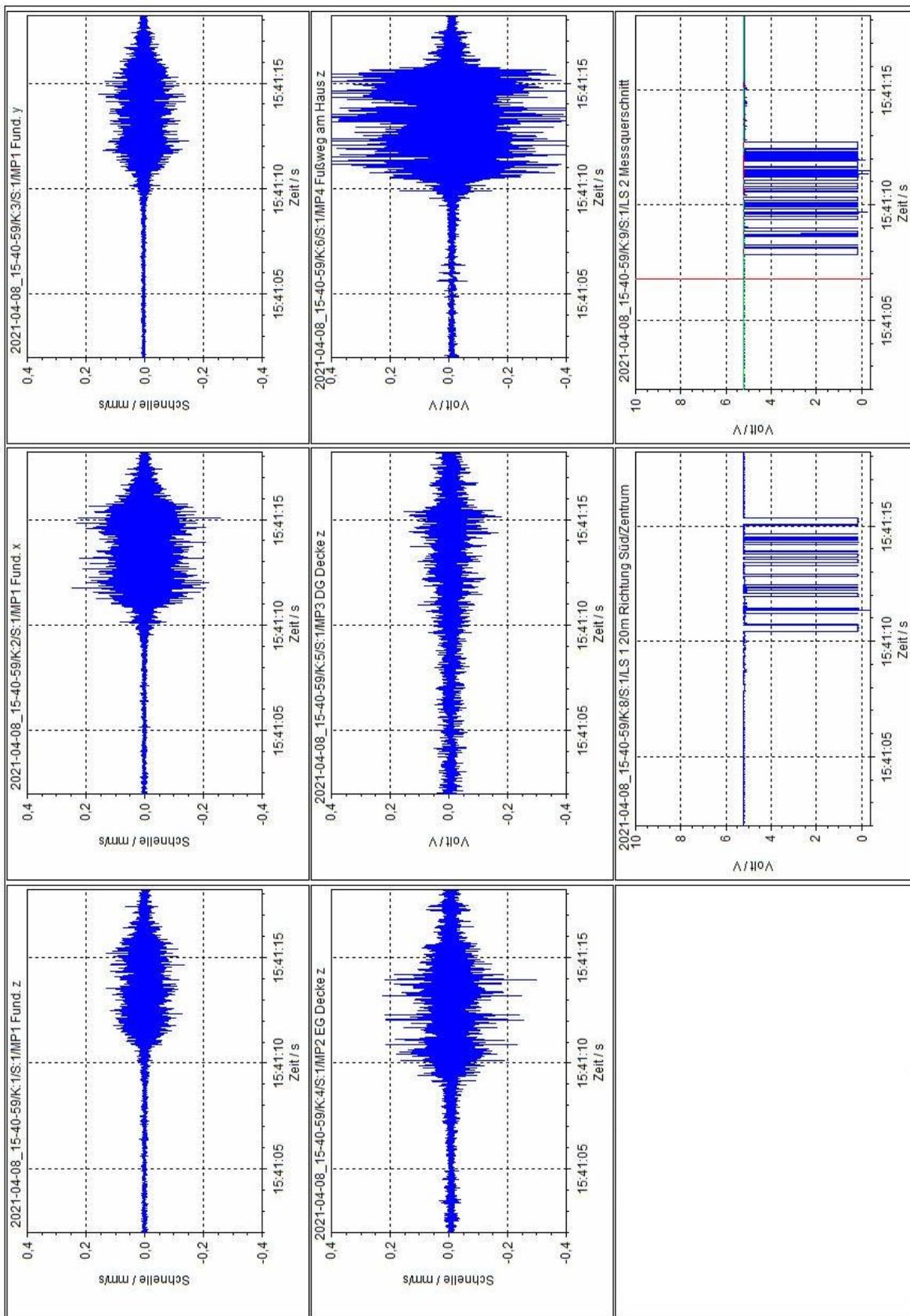
Messpunkt: **MP 4z - Erdboden am Gebäude = 3,5 m vom Gleis, z (vertikal)**



Darstellung: energetischer Mittelwert der Maximalspektren mit Streubereich (Standardabweichung)

Schwingungsgeschwindigkeits-Zeitverlauf einer ausgewählten Vorbeifahrt

NGT10 "X", 27 km/h



Messobjekt: Gorkistraße 29 (Wohngebäude), 04347 Leipzig
Datum: 08.04.2021

Fußboden, Fundament

	Fundament	Wohnraum EG	Wohnraum 4.OG
	MP 1z/x/y	MP 2z	MP 3z
Maximalwert v_{\max}	2,13	0,78	0,43

Anhang 4.4 Messwerte des Straßenbahnverkehrs, Erdboden

Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeit v_{max} , Messwerte Ist-Zustand

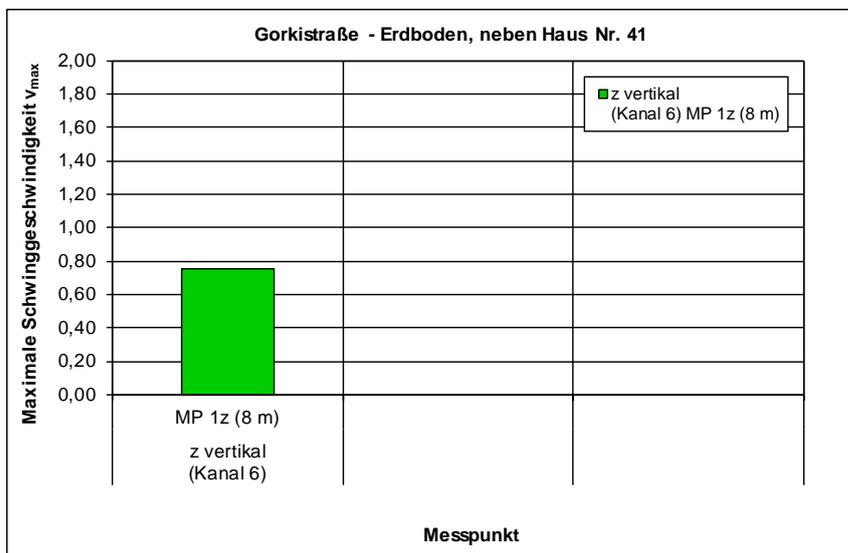
Messobjekt: Gorkistraße - Erdboden, neben Haus Nr. 41

Erdboden

Datum: 04.03.2021

Gleis-Nr., bezogen auf Messobjekt: 1 - nächstgelegenes Gleis (Bestand) Richtung Mockau/Schönefeld ->
2 - Gleis (Bestand) Gegenrichtung Zentrum/Lausen <-

					Erdboden			
Datei/Uhrzeit	Zug-Nr./Fahrzeug	Fahrt-richt.	Fahr-geschw.	Zuglänge	z vertikal (Kanal 6)			
			km/h	m	MP 1z (8 m)			
<i>Straßenbahn Gleis 1, Li. 1 Richtung Mockau/Schönefeld</i>								
10-59-18	0158 XL	->	30	36	0,60			
11-05-46	0154 XL	->	28	36	0,68			
11-17-02	2172 Tatra T4D-M	->	24	45	0,54			
11-27-35	0151 XL	->	33	37	0,63			
11-39-46	1007 XL	->	20	37	0,75			
11-47-30	1001 XL	->	25	36	0,72			
12-02-57	1308 Leoliner	->	29	22	0,95			
12-07-21	1004 XL	->	24	37	0,76			
12-19-29	1022 XL	->	26	36	0,74			
12-28-02	1026 XL	->	38	37	0,86			
12-35-45	2141 Tatra T4D-M	->	27	44	0,63			
12-45-46	1025 XL	->	43	37	0,99			
12-56-59	1024 XL	->	45	37	0,89			
13-07-24	1018 XL	->	29	37	0,63			
13-17-45	1042 XI	->	36	37	0,83			
13-26-56	2172 Tatra T4D-M	->	29	45	0,64			
Mittelwert v_{max}					0,75			
Maximalwert v_{max}					0,99			



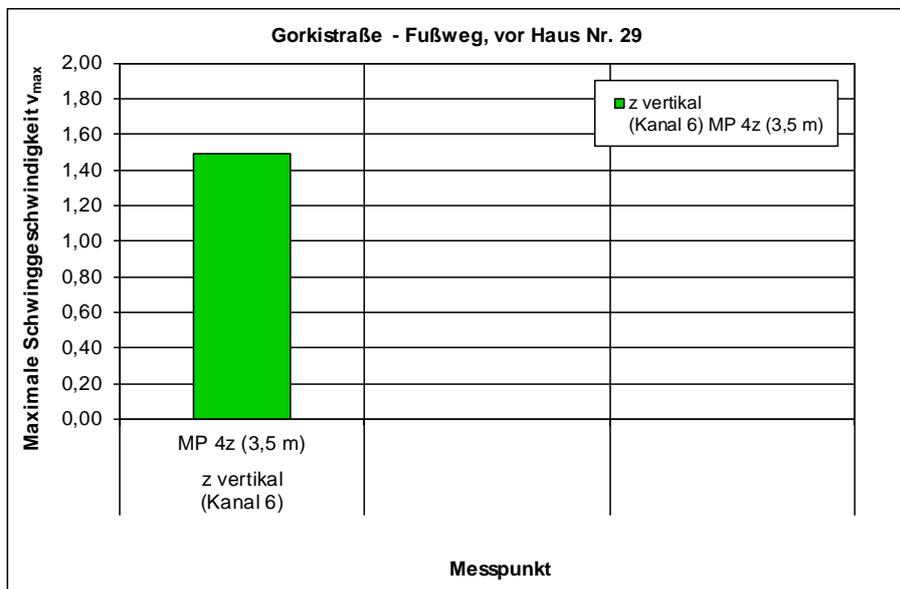
Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeit v_{max} , Messwerte Ist-Zustand

Messobjekt: Gorkistraße - Fußweg, vor Haus Nr. 29
 Datum: 08.04.2021

Erdboden

Gleis-Nr., bezogen auf Messobjekt: 1 - nächstgelegenes Gleis (Bestand) Richtung Mockau/Schönefeld ->
 2 - Gleis (Bestand) Gegenrichtung Zentrum/Lausen <-

					Erdboden			
Datei/Uhrzeit	Zug-Nr./Fahrzeug	Fahrt-richt.	Fahr-geschw.	Zuglänge	z vertikal (Kanal 6)			
			km/h	m	MP 4z (3,5 m)			
<i>Straßenbahn Gleis 1, Li. 1 Richtung Mockau/Schönefeld</i>								
13-49-39	1025 XL	->	29	36	0,58			
13-59-41	1006 XL	->	37	38	2,67			
14-08-03	2122 Tatra T4D-M	->	26	45	1,61			
14-17-46	1043 XL	->	27	37	1,09			
14-28-31	1029 XL	->	26	36	2,84			
14-38-55	1047 XL	->	32	36	0,68			
14-53-24 Tatra T4D-M	->	42	45	1,62			
14-59-20	1004 XL	->	26	38	0,67			
15-10-12	1016 XL	->	29	38	0,85			
15-17-06	1027 XL	->	32	38	1,52			
15-40-59	1025 XL	->	27	37	0,63			
15-52-34	1033 XL	->	33	37	0,72			
Mittelwert v_{max}					1,49			
Maximalwert v_{max}					2,84			

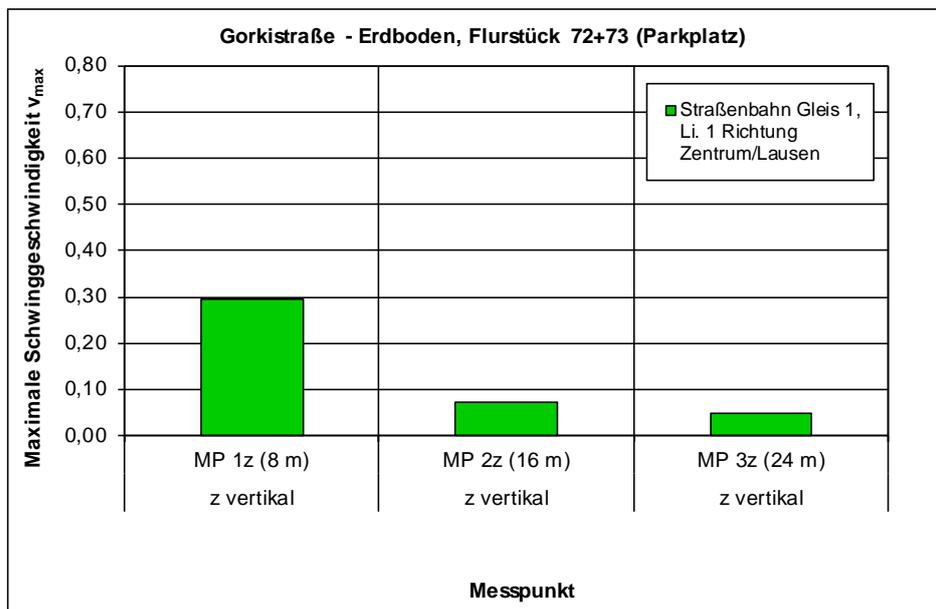


Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeit v_{max} , Messwerte Ist-Zustand

Messobjekt: Gorkistraße - Erdboden, Flurstück 72+73 (Parkplatz) Erdboden
 Datum: 04.03.2021

Gleis-Nr., bezogen auf Messobjekt: 1 - nächstgelegenes Gleis (Bestand) Richtung Zentrum/Lausen ->
 2 - Gleis (Bestand) Gegenrichtung Mockau/Schönefeld <-

Datei/Uhrzeit	Zug-Nr./Fahrzeug	Fahrt-richt.	Fahr-geschw.	Zuglänge	Erdboden	Erdboden	Erdboden
					z vertikal	z vertikal	z vertikal
					MP 1z (8 m)	MP 2z (16 m)	MP 3z (24 m)
<i>Straßenbahn Gleis 1, Li. 1 Richtung Zentrum/Lausen</i>							
14-31-43	1004 XL	->	36	39	0,31	0,07	0,04
14-41-42	1022 XL	->	43	39	0,23	0,07	0,05
14-50-49	1026 XL	->	38	39	0,30	0,07	0,04
15-01-36	2141 Tatra T4D-M	->	25	44	0,34	0,10	0,07
15-10-12	0143* XL	->	40	38	0,28	0,06	0,05
15-20-37	1024 XL	->	41	38	0,28	0,07	0,05
15-30-15	1018 XL	->	36	38	0,33	0,06	0,03
15-40-59	1042 XL	->	38	37	0,37	0,07	0,05
15-51-02	2172 Tatra T4D-M	->	25	44	0,20	0,09	0,06
16-03-21	1001 XL	->	41	38	0,28	0,06	0,04
Mittelwert v_{max}					0,29	0,07	0,05
Maximalwert v_{max}					0,37	0,10	0,07



Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeit v_{max} , Messwerte Ist-Zustand

Messobjekt: Böhlitz-Ehrenberg - Erdboden, Flurstück 110 (Leipziger Str. 50a)

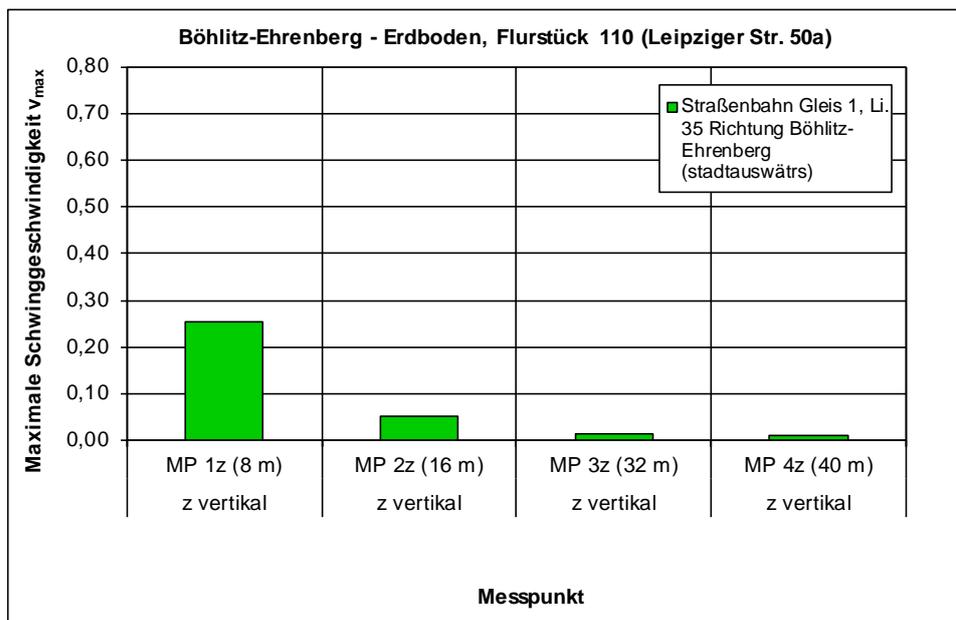
Erdboden

Datum: 08.04.2021

Gleis-Nr., bezogen auf Messobjekt: 1 - nächstgelegenes Gleis (Bestand) Richtung Böhlitz-Ehrenberg ->

2 - Gleis (Bestand) Gegenrichtung <-

Datei/Uhrzeit	Zug-Nr./Fahrzeug	Fahrt-richt.	Fahr-geschw.	Zuglänge	Erdboden	Erdboden	Erdboden	Erdboden
					z vertikal	z vertikal	z vertikal	z vertikal
					MP 1z (8 m)	MP 2z (16 m)	MP 3z (32 m)	MP 4z (40 m)
<i>Straßenbahn Gleis 1, Li. 35 Richtung Böhlitz-Ehrenberg (stadtauswärts)</i>								
11-09-56	1330 Leoliner	->	34	48	0,18	0,04	0,012	0,010
11-19-43	1328 Leoliner*	->	39	48	0,38	0,08	0,015	0,011
11-28-53	1334 Leoliner	->	36	48	0,22	0,05	0,017	0,011
11-38-43	1012 XL	->	40	38	0,19	0,03	0,011	0,008
11-48-52	1327 Leoliner	->	43	48	0,24	0,04	0,013	0,010
11-59-24	1319 Leoliner	->	36	47	0,31	0,07	0,013	0,010
12-10-55	1008 XL	->	35	38	0,17	0,03	0,009	0,007
			*1 Rad mit Polygon/Flachstelle					
Mittelwert v_{max}					0,25	0,05	0,013	0,010
Maximalwert v_{max}					0,38	0,08	0,017	0,011



Anhang 4.5 Erschütterungs-Emissionsspektren

Terzspektrum am Emissionsmesspunkt im Abstand 8 m für die Prognose "Plan-Fall"

Oberbau entsprechend des Bauvorhabens "Gorkistraße"

Mittleres Terz-Maximalspektrum der Schwinggeschwindigkeit

Messobjekt: Erdboden, Flurstück 110, Leipziger Str. 50a, Böhlitz-Ehrenberg

Datum: 08.04.2021

Zuggattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 35)**

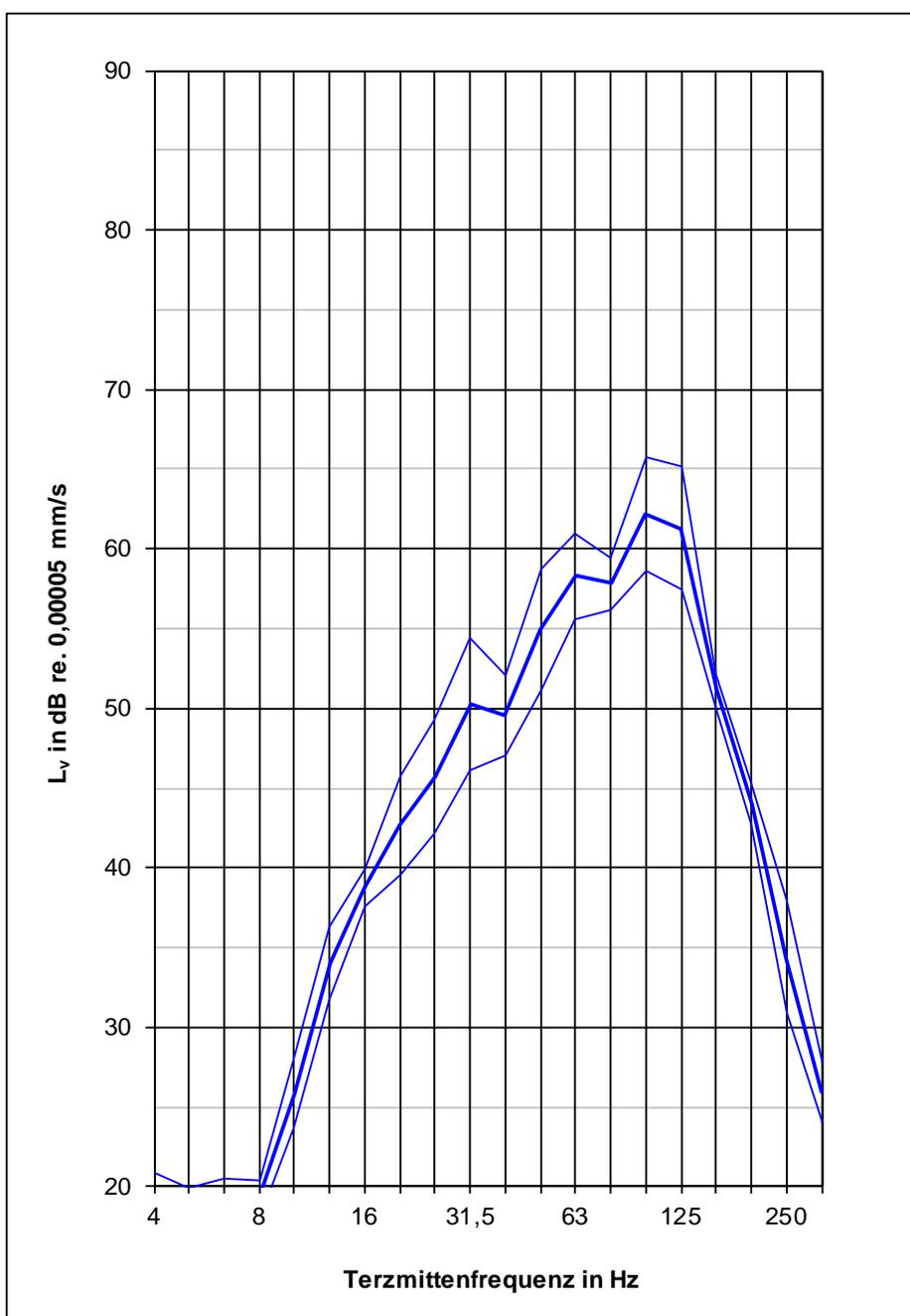
Geschwindigkeit: 34...43 km/h

Gleis: **Richtung Böhlitz-Ehrenberg, stadtauswärts**

Vorbeifahrten: 7

Messpunkt: **MP 1z - 8,0 m vom Gleis, Erdspieß, z (vertikal)**

5x Leoliner + 2x NGT10 "XL"



f _m in Hz	L _v MaxH in dB
4	17
5	17
6,3	17
8	19
10	26
12,5	34
16	39
20	43
25	46
31,5	50
40	50
50	55
63	58
80	58
100	62
125	61
160	51
200	44
250	34
315	26

Nr.	Uhrzeit
1	11-09-56
2	11-19-43
3	11-28-53
4	11-38-43
5	11-48-52
6	11-59-24
7	12-10-55
8	
9	
10	

Darstellung: energetischer Mittelwert der Maximalspektren mit Streubereich (Standardabweichung)

Terzspektrum am Emissionsmesspunkt im Abstand 8 m für die Prognose "Null-Fall" Bestands-Oberbau - Ist-Zustand Gorkistraße, Fahrtrichtung Mockau

Mittleres Terz-Maximalspektrum der Schwinggeschwindigkeit

Messobjekt: Gorkistraße 41, 04347 Leipzig

Datum: 04.03.2021

Zuggattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 1)**

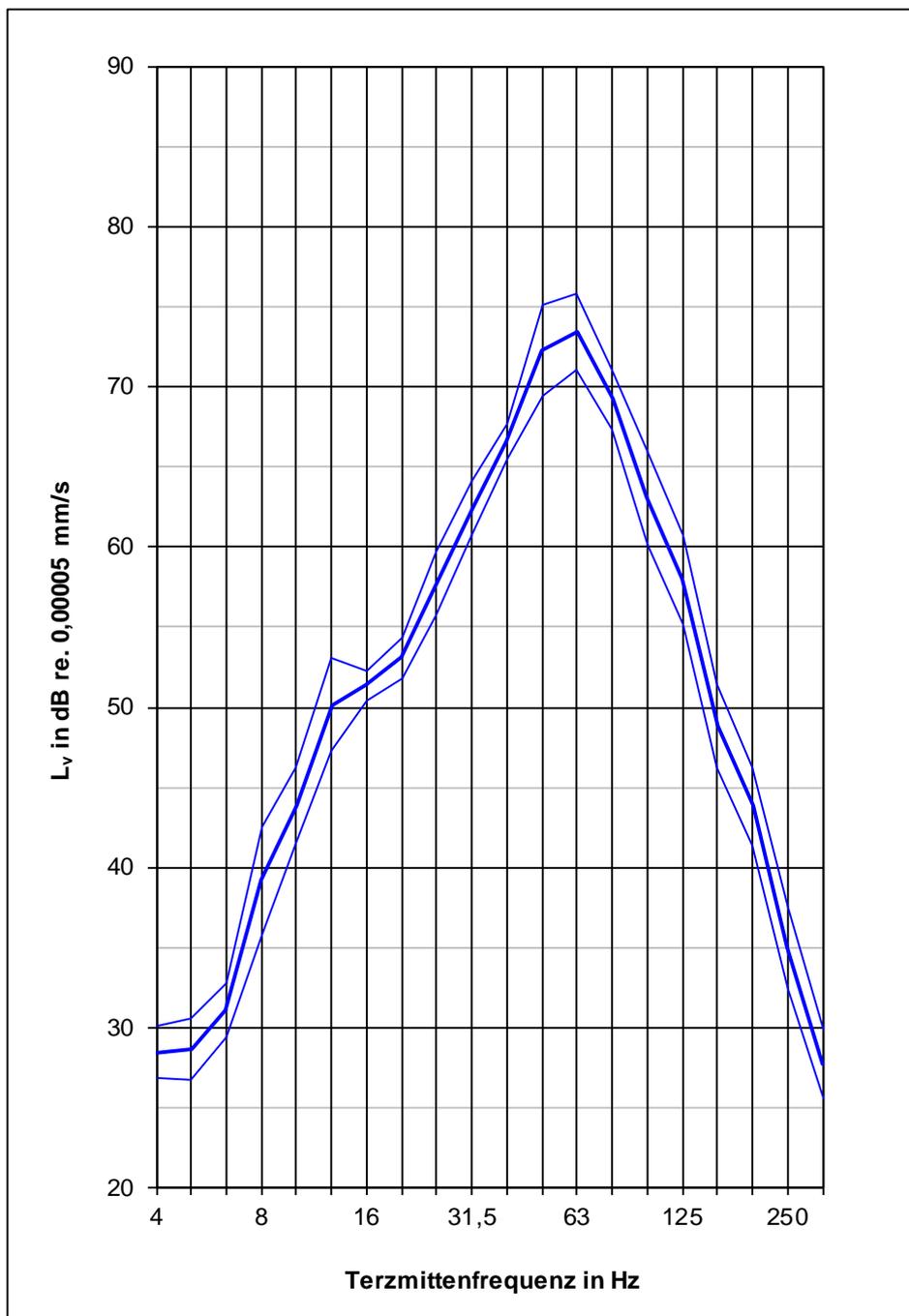
Geschwindigkeit: 24...45 km/h

Gleis: **Li. 1 Richtung Mockau / Schönefeld**

ausgewertete Vorbeifahrten: 10

8x NGT10 "XL", 1x NGTW6 + 1x T4D-M

Messpunkt: **MP 4z - Erdboden am Gebäude = 8,0 m vom Gleis, z (vertikal)**



f_m in Hz	L_v MaxH in dB
4	29
5	29
6,3	31
8	39
10	44
12,5	50
16	51
20	53
25	58
31,5	62
40	67
50	72
63	73
80	69
100	63
125	58
160	49
200	44
250	35
315	28

Nr.	Uhrzeit
1	11-59-18
2	11-05-46
3	11-17-02
4	11-27-35
5	12-45-46
6	12-56-59
7	12-02-57
8	12-07-21
9	12-19-29
10	12-28-02

Darstellung: energetischer Mittelwert der Maximalspektren mit Streubereich (Standardabweichung)

Bestands-Oberbau - Ist-Zustand Gorkistraße, Fahrtrichtung Lausen

Mittleres Terz-Maximalspektrum der Schwinggeschwindigkeit

Messobjekt: Erdboden, Flurstück 72/73 (Parkplatz), Gorkistr., 04347 Leipzig

Datum: 04.03.2021

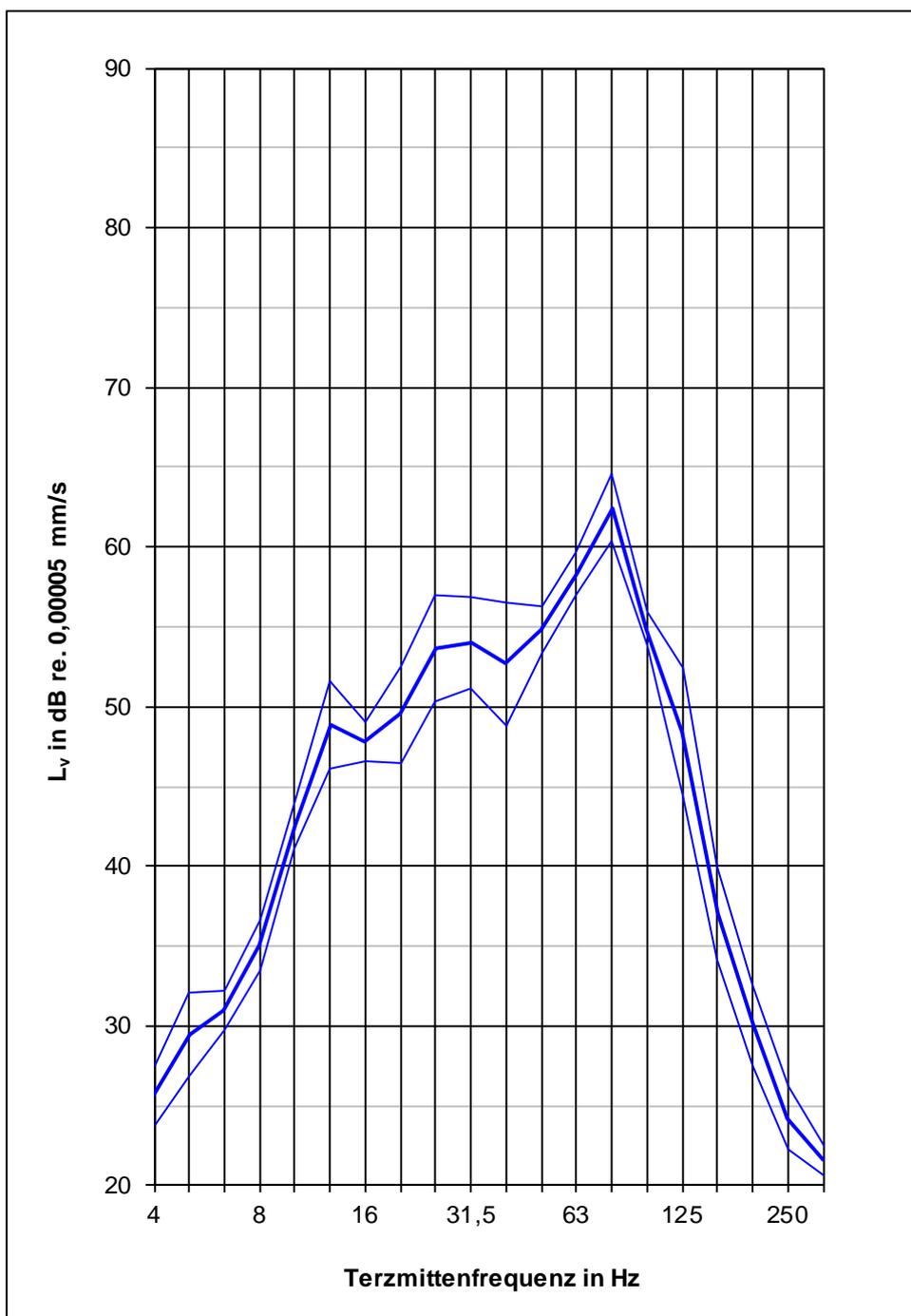
Zuggattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 1)**

Geschwindigkeit: 25...43 km/h

Gleis: **Richtung Lausen/Zentrum, Li. 1**

Vorbeifahrten: 10

Messpunkt: **MP 1z - 8,0 m vom Gleis, Erdspieß, z (vertikal)**



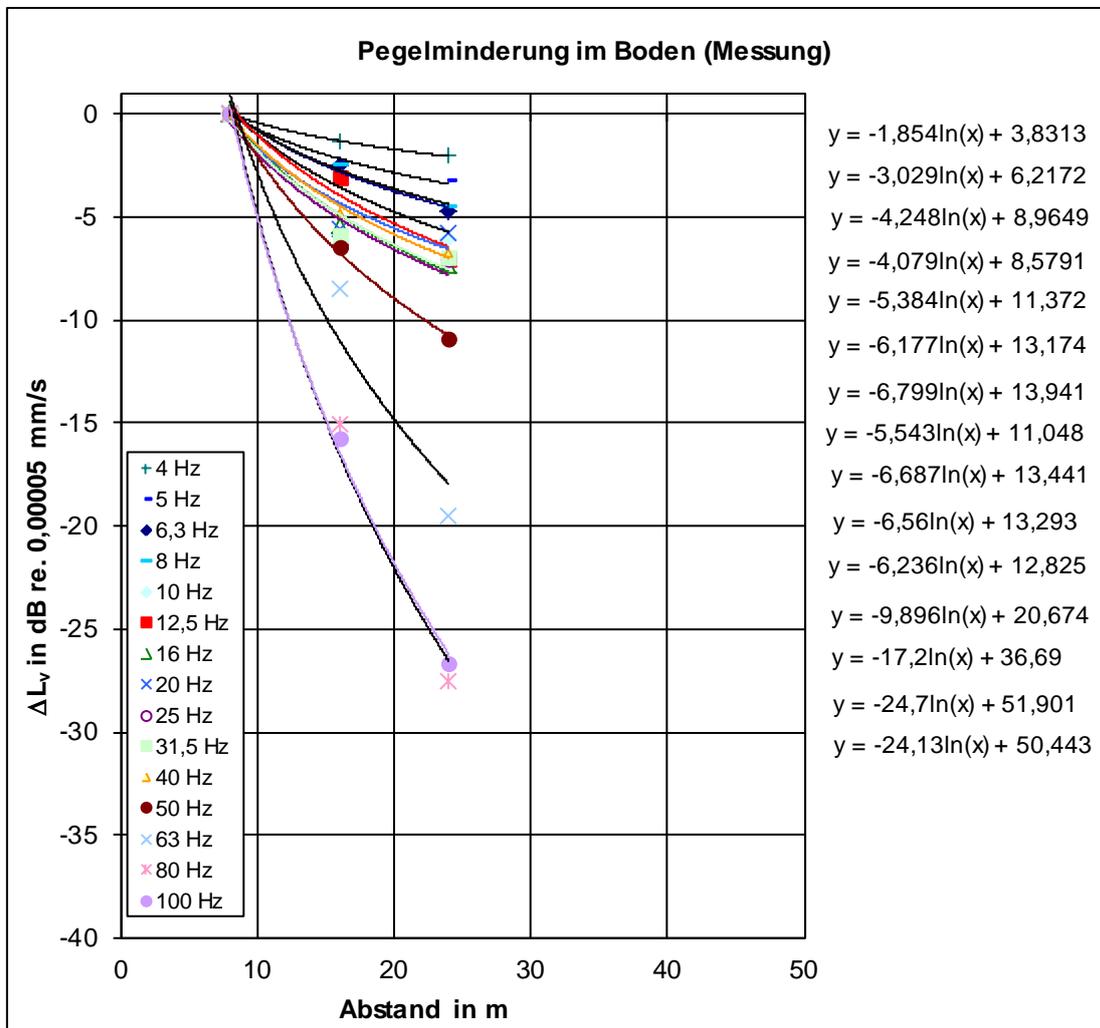
f _m in Hz	L _v MaxH in dB
4	26
5	29
6,3	31
8	35
10	43
12,5	49
16	48
20	50
25	54
31,5	54
40	53
50	55
63	58
80	62
100	55
125	48
160	37
200	30
250	24
315	22

Nr.	Uhrzeit
1	14-31-43
2	14-41-42
3	14-50-49
4	15-01-36
5	15-10-12
6	15-20-37
7	15-30-15
8	15-40-59
9	15-51-02
10	16-03-21

Darstellung: energetischer Mittelwert der Maximalspektren mit Streubereich (Standardabweichung)

Anhang 4.6 Ausbreitungsdämpfung des Erdbodens

Messobjekt: Erdboden, Flurstück 72/73 (Parkplatz), Gorkistr., 04347 Leipzig



Ausbreitungsdämpfung $y = (a * \ln(x) + b)$ dB für die Prognose (Gleislageänderung)

	Terzmittenfreq. in Hz														
	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100
a	-1,9	-3,0	-4,2	-4,1	-5,4	-6,2	-6,8	-5,5	-6,7	-6,6	-6,2	-9,9	-17,2	-24,7	-24,1
b	3,8	6,2	9,0	8,6	11,4	13,2	13,9	11,0	13,4	13,3	12,8	20,7	36,7	51,9	50,4

Übertragungsfaktor (Pegeldifferenz) im Erdboden

Messobjekt: Erdboden, Flurstück 72/73 (Parkplatz), Gorkistr., 04347 Leipzig

Datum: 04.03.2021

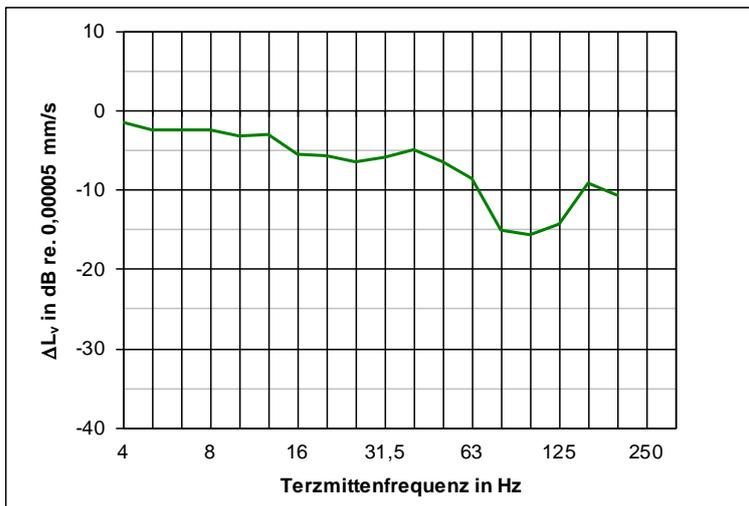
Zuggattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 1)**

Gleis: **Richtung Lausen/Zentrum, Li. 1**

Vorbeifahrten: 10

MP 1z - 8,0 m vom Gleis, Erdspieß, z (vertikal)

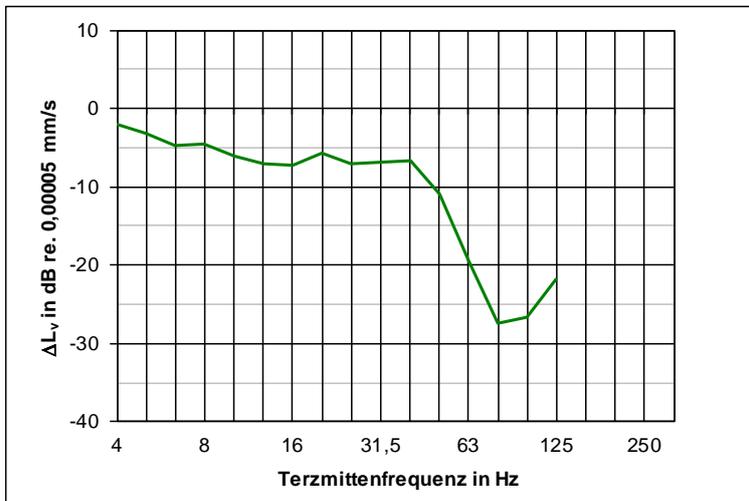
MP 2z - 16 m vom Gleis, Erdspieß, z (vertikal)



Darstellung: Pegel-Differenz der Mittelungsspektren (L_{ved}); > 0 dB = Verstärkung im Ausbreitungsweg

MP 1z - 8,0 m vom Gleis, Erdspieß, z (vertikal)

MP 3z - 24 m vom Gleis, Erdspieß, z (vertikal)



Übertragungsfaktor (Pegeldifferenz) im Erdboden

Messobjekt: Erdboden, Flurstück 110, Leipziger Str. 50a, Böhlitz-Ehrenberg

Datum: 08.04.2021

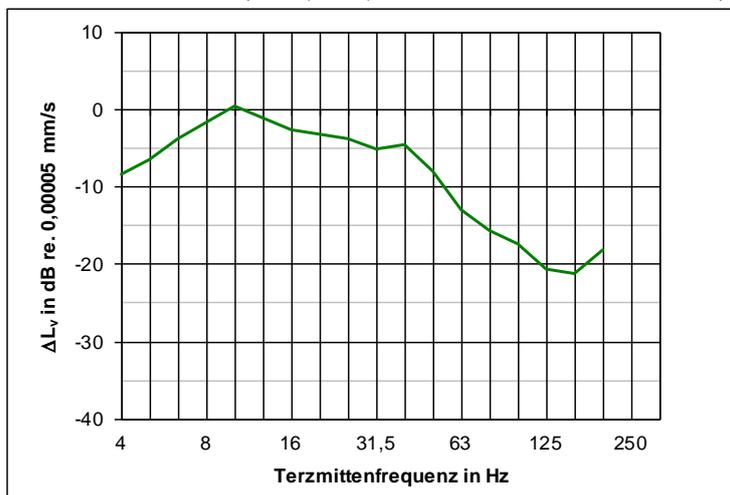
Zuggattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 35)**

Gleis: **Richtung Böhlitz-Ehrenberg, stadtauswärts**

Vorbeifahrten: 7

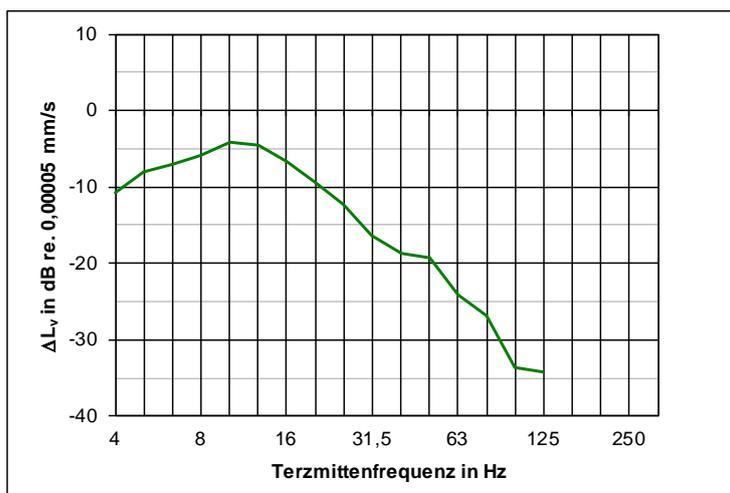
MP 1z - 8,0 m vom Gleis, Erdspieß, z (vertikal)

MP 2z - 16 m vom Gleis, Erdspieß, z (vertikal)



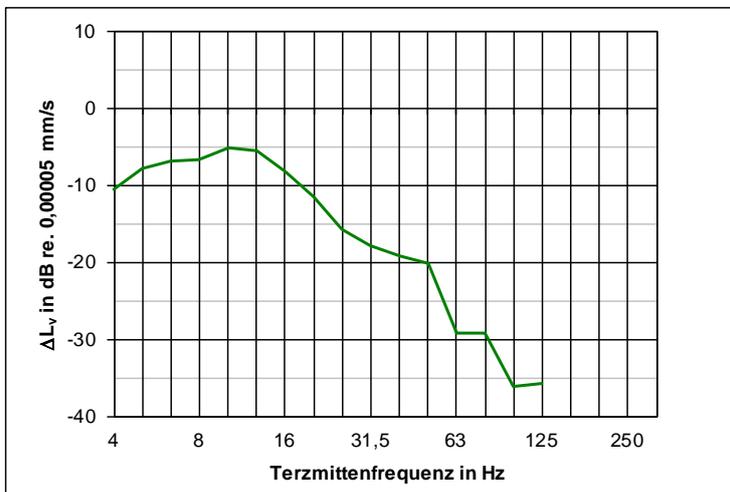
MP 1z - 8,0 m vom Gleis, Erdspieß, z (vertikal)

MP 3z - 32 m vom Gleis, Erdspieß, z (vertikal)



MP 1z - 8,0 m vom Gleis, Erdspieß, z (vertikal)

MP 4z - 40 m vom Gleis, Erdspieß, z (vertikal)



Darstellung: Pegel-Differenz der Mittelungsspektren ($L_{v,eq}$); > 0 dB = Verstärkung im Ausbreitungsweg

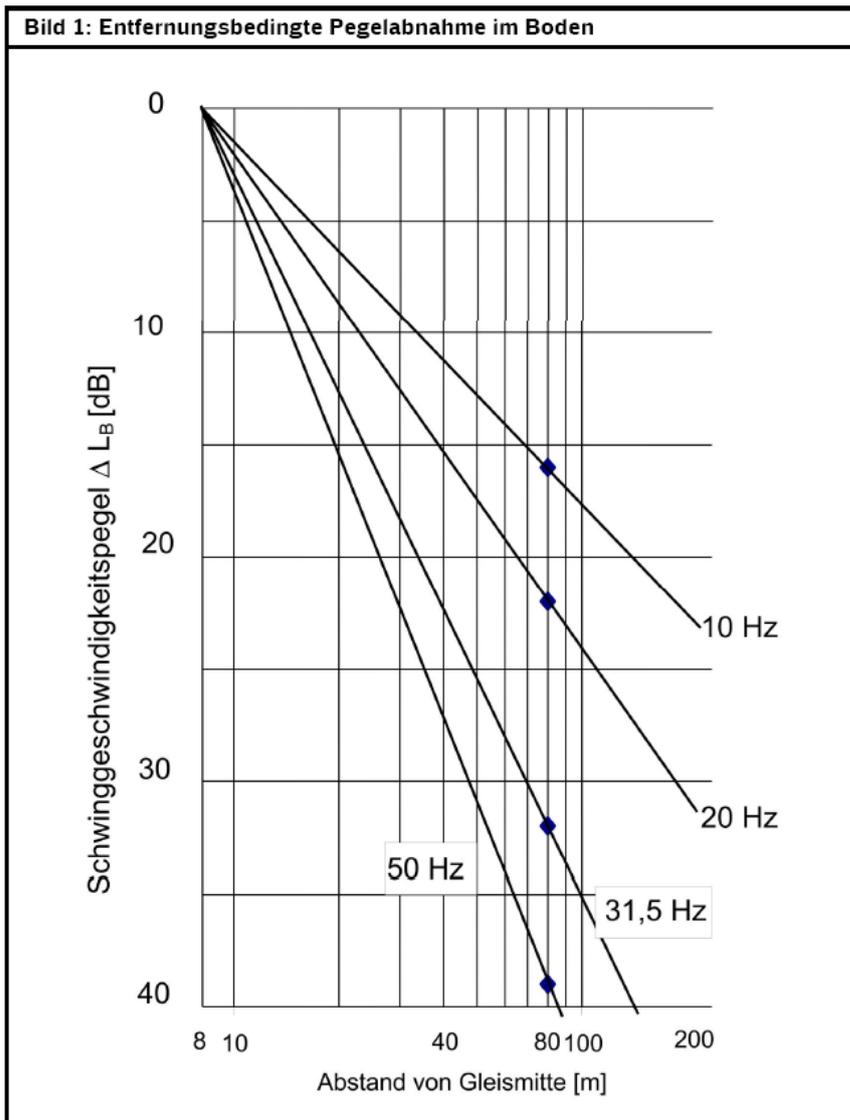


Abb. 20 Boden-Ausbreitungsdämpfung für Bereiche ohne Messung nach [9], Seite 19 - bezogen auf den **8m**-Emissionsmesspunkt

Anhang 4.7 Gebäudeübertragungsfunktionen

Übertragungsfaktor (Pegeldifferenz) zwischen Boden am Gebäude und Immissionsort

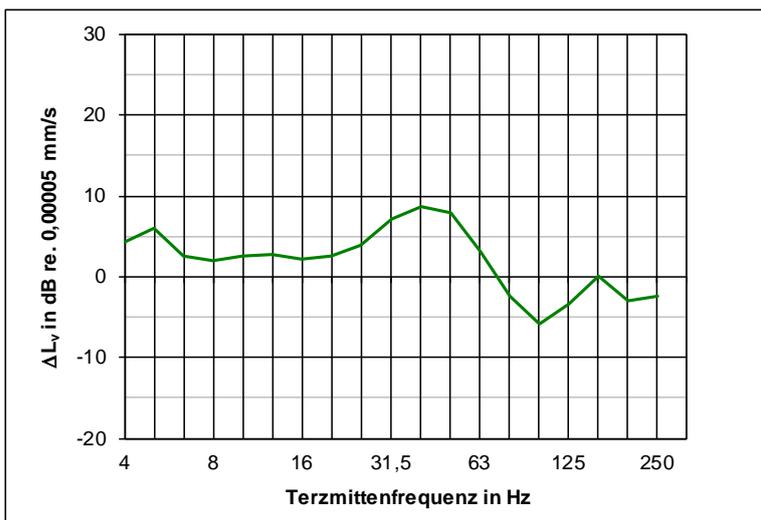
Messobjekt: Gorkistraße 41, 04347 Leipzig

Datum: 04.03.2021

Zugattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 1)**

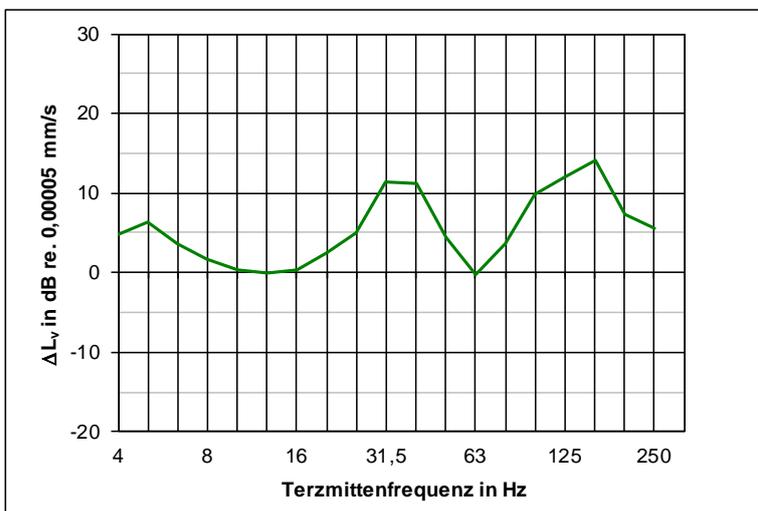
Gleis: **Li. 1 Richtung Mockau / Schönefeld** ausgewertete Vorbeifahrten: 10

MP 4z - Erdboden am Gebäude = 8,0 m vom Gleis, z (vertikal) MP 3z - 4.OG, Wohnraum, z (vertikal)



Darstellung: Pegel-Differenz der Mittelungsspektren ($L_{v,eq}$); > 0 dB = Verstärkung im Ausbreitungsweg

MP 4z - Erdboden am Gebäude = 8,0 m vom Gleis, z (vertikal) MP 2z - EG, Büroraum, z (vertikal)



Übertragungsfaktor (Pegeldifferenz) zwischen Boden am Gebäude und Immissionsort

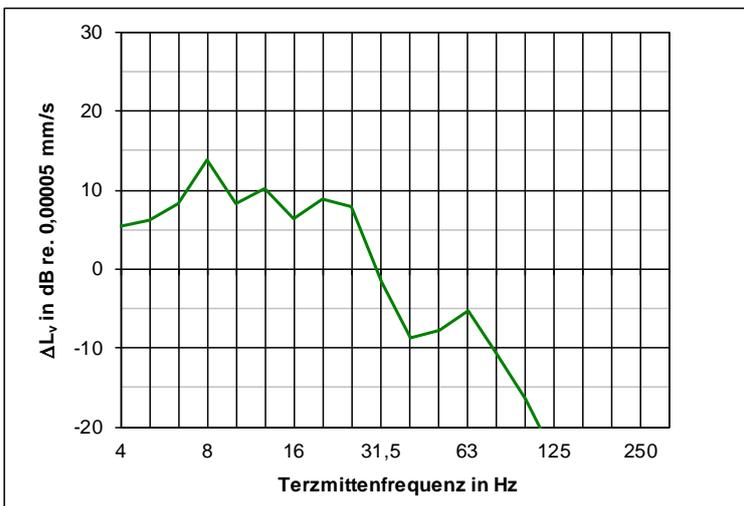
Messobjekt: Gorkistraße 29, 04347 Leipzig

Datum: 08.04.2021

Zuggattung: **Straßenbahn (Regelbetrieb Linie 1)**

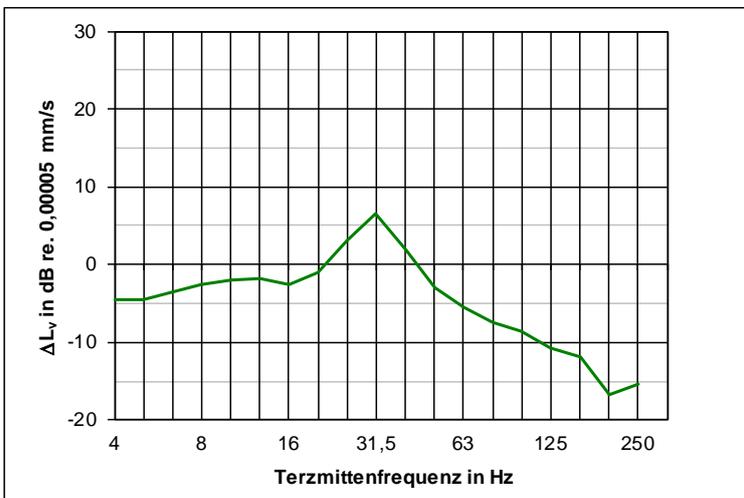
Gleis: **Li. 1 Richtung Mockau / Schönefeld** ausgewertete Vorbeifahrten: 10

MP 4z - Erdboden am Gebäude = 3,5 m vom Gleis, z (vertikal) MP 3z - 4.OG, gepl. Wohnraum, z (vertikal)



Darstellung: Pegel-Differenz der Mittelungsspektren (L_{v,eq}); > 0 dB = Verstärkung im Ausbreitungsweg

MP 4z - Erdboden am Gebäude = 3,5 m vom Gleis, z (vertikal) MP 2z - EG, gepl. Wohnraum, z (vertikal)



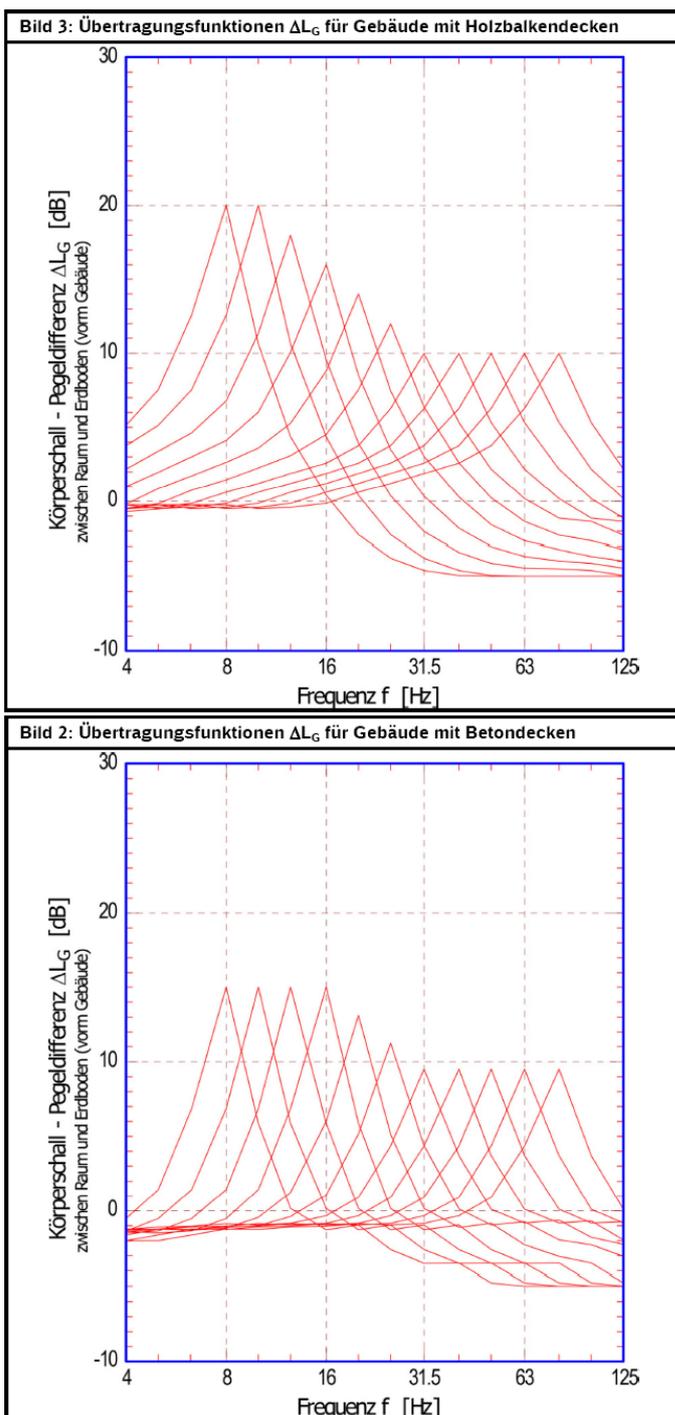


Abb. 21 Gebäude-Übertragungsfunktionen für Bereiche ohne Messung nach [9]

Angewendete Übertragungsfunktionen für die Prognose (Gebäude ohne Messung):

- vom Erdboden in Gebäude mit Holzbalkendecken, ungünstigste Eigenfrequenz 50 Hz
- vom Erdboden in Gebäude mit Massivdecken, ungünstigste Eigenfrequenz 80 Hz
- vom Erdboden zum Fundament/Erdboden (nach: LIS-Berichte; Nr. 107 - Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen, NRW 1992, Bild 7.8a)

Anhang 5 Erschütterungsprognose

Anhang 5.1 Prognose für Gebäude Gorkistraße 29

Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

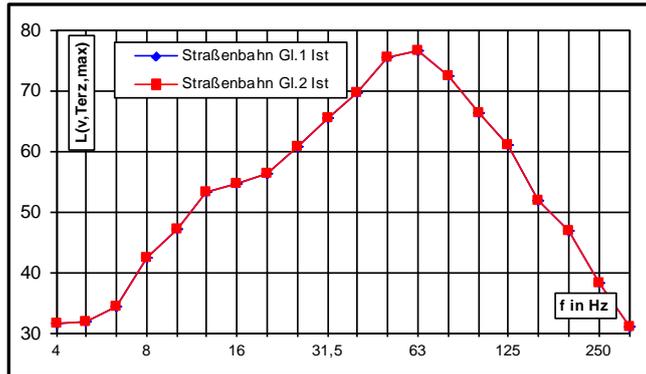
Gorkistraße 29, 04347 Leipzig		Erdgeschoss, Deckenmitte		Nullfall			
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet		Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts	
		M = Mischgebiet / Außenb.			unterer Anhaltswert A_u	0,225	0,150
		G = Gewerbegebiet			oberer Anhaltswert A_o	3,00	0,60
		I = Industriegebiet			Anhaltswert A_r	0,105	0,075
		K = besondere Gebiete					

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
im Boden, 8 m von der Gleisachse

Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 Ist	50	83	10
Straßenbahn Gl.2 Ist	50	83	10
Straßenbahn Gl.1 Pla	50	0	0
Straßenbahn Gl.2 Pla	50	0	0

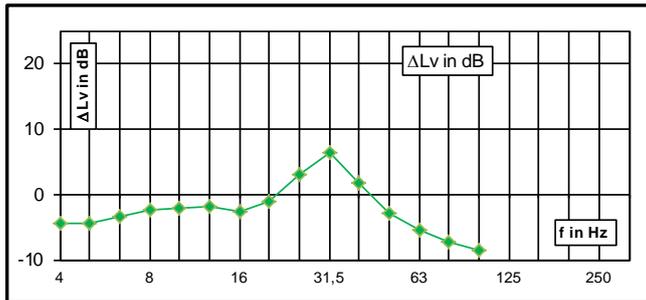
NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Mockau



Übertragungsweg

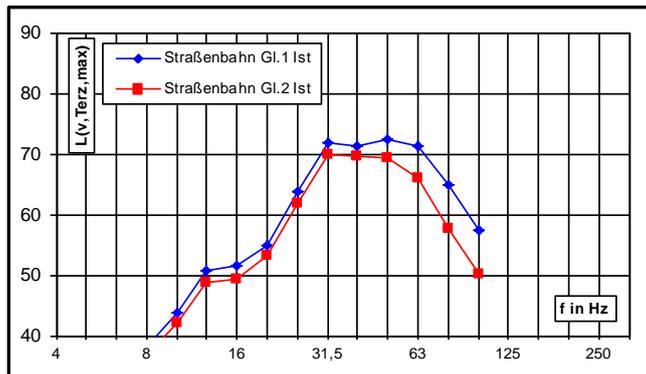
$\Delta L_v = L_v(\text{IO}) - L_v(8\text{m-MP})$ in dB
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	
3,5 m zu	zu Gleis 1 Bestand
6,3 m zu	zu Gleis 2 Bestand
Deckentyp	Holz.-Decke EG Mess. cdf



Erschütterungs-Immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 10^{-5} \text{ mm/s})$
auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag		
	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1 Ist	0,47	0,10	0,05
Straßenbahn Gl.2 Ist	0,33	0,07	0,03
-	0,00	0,00	0,00
-	0,00	0,00	0,00
gesamt	0,47	0,12	0,059

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
L_{sekmax}	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
42,9	31,3	25,1

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
KB_{Fmax} > A_u	KB_{Fmax} > A_u	KB_{Fmax} > A_o	KB_{Fmax} > A_o	KB_{FTr} > A_r	KB_{FTr} > A_r
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
ja	ja	nein	nein	ja	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,36 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,50 mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

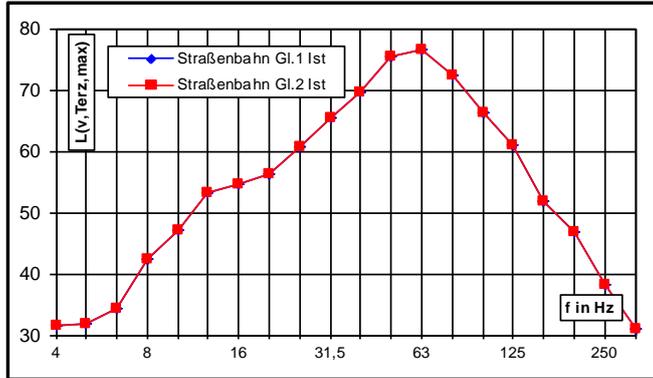
Gorkistraße 29, 04347 Leipzig		Obergeschoss, Deckenmitte	Nullfall	
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet	Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2 tags nachts unterer Anhaltswert A_U 0,225 0,150 oberer Anhaltswert A_O 3,00 0,60 Anhaltswert A_I 0,105 0,075	
		M = Mischgebiet / Außenb.		
		G = Gewerbegebiet		
		I = Industriegebiet		
		K = besondere Gebiete		

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
 im Boden, 8 m von der Gleisachse

Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 Ist	50	83	10
Straßenbahn Gl.2 Ist	50	83	10
Straßenbahn Gl.1 Pla	50	0	0
Straßenbahn Gl.2 Pla	50	0	0

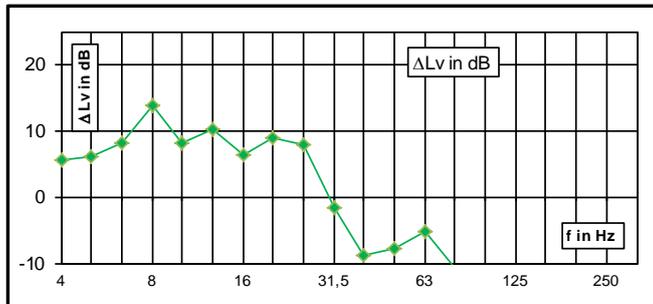
NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Mockau



Übertragungsweg

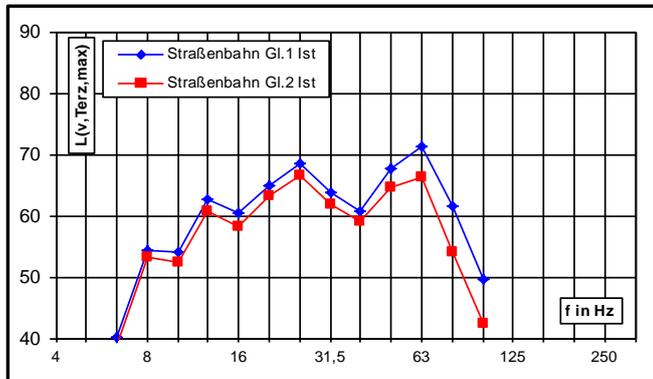
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$ in dB
 vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	
3,5 m zu	zu Gleis 1 Bestand
6,3 m zu	zu Gleis 2 Bestand
Deckentyp	Holz.-Decke DG Mess. cdf



Erschütterungs-immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 10^{-5} \text{ mm/s})$
 auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag		
	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1 Ist	0,35	0,07	0,04
Straßenbahn Gl.2 Ist	0,25	0,05	0,03
-	0,00	0,00	0,00
-	0,00	0,00	0,00
gesamt	0,35	0,09	0,044

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
L_{sekmax}	L_{sekM} Tag	L_{sekM} Nacht
41,9	30,2	24,1

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_U$	$KB_{Fmax} > A_U$	$KB_{Fmax} > A_O$	$KB_{Fmax} > A_O$	$KB_{FTr} > A_T$	$KB_{FTr} > A_T$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
ja	ja	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,36 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,38 mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3	
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s nein
Deckenschw ingungen, vertikal	20 mm/s nein

Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

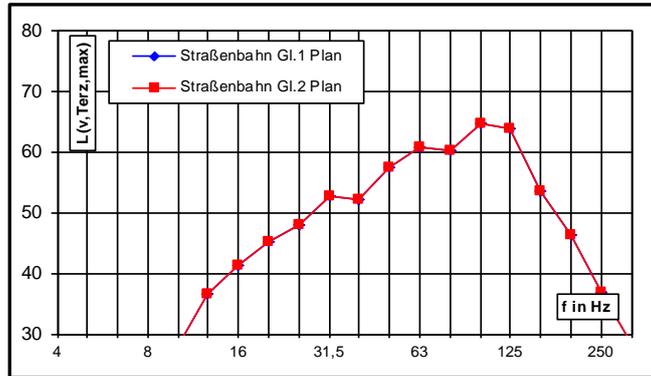
Gorkistraße 29, 04347 Leipzig		Edgeschoss, Deckenmitte	Planfall												
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet	<table border="1"> <tr> <td>Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2</td> <td>tags</td> <td>nachts</td> </tr> <tr> <td>unterer Anhaltswert A_u</td> <td>0,225</td> <td>0,150</td> </tr> <tr> <td>oberer Anhaltswert A_o</td> <td>3,00</td> <td>0,60</td> </tr> <tr> <td>Anhaltswert A_r</td> <td>0,105</td> <td>0,075</td> </tr> </table>	Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts	unterer Anhaltswert A_u	0,225	0,150	oberer Anhaltswert A_o	3,00	0,60	Anhaltswert A_r	0,105	0,075
	Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags		nachts											
	unterer Anhaltswert A_u	0,225		0,150											
	oberer Anhaltswert A_o	3,00		0,60											
Anhaltswert A_r	0,105	0,075													
	M = Mischgebiet / Außenb.														
	G = Gewerbegebiet														
	I = Industriegebiet														
	K = besondere Gebiete														

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
im Boden, 8 m von der Gleisachse

Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 Ist	50	0	0
Straßenbahn Gl.2 Ist	50	0	0
Straßenbahn Gl.1 Pla	50	83	10
Straßenbahn Gl.2 Pla	50	83	10

NGT10 OB Plan, April 2021

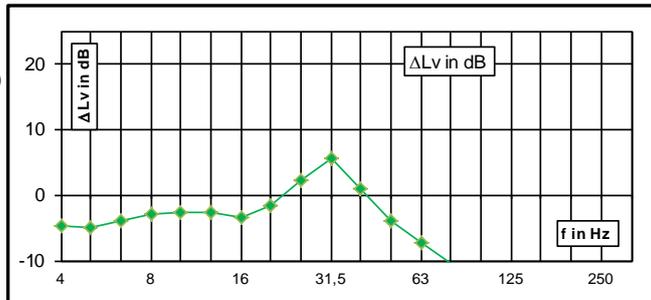


Übertragungsweg

$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$ in dB
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

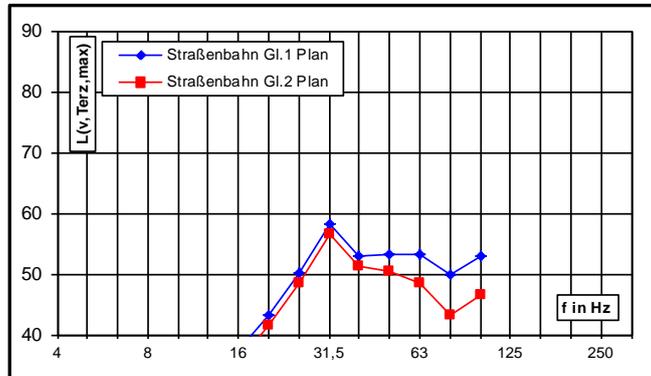
Gebäudeabstand	
4,5 m zu	zu Gleis 1 Plan
7,3 m zu	zu Gleis 2 Plan

Deckentyp Holz.-Decke EG Mess. cdf



Erschütterungs-Immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 10^{-5} \text{ mm/s})$
auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag		
	KB _{Fmax}	KB _{FTr} Tag	KB _{FTr} Nacht
-	0,00	0,00	0,00
-	0,00	0,00	0,00
Straßenbahn Gl.1 Plan	0,08	0,02	0,01
Straßenbahn Gl.2 Plan	0,05	0,01	0,01
gesamt	0,075	0,019	0,010

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
L _{sek,max}	L _{sek,m} Tag	L _{sek,m} Nacht
36,8	25,0	18,8

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
KB _{Fmax} > A _u	KB _{Fmax} > A _o	KB _{Fmax} > A _o	KB _{Fmax} > A _o	KB _{FTr} > A _r	KB _{FTr} > A _r
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
nein	nein	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v			
am Fundament	v _{max} =	0,07	mm/s
auf der Geschossdecke	v _{max} =	0,08	mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschw. in gungen, vertikal	20 mm/s	nein

Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

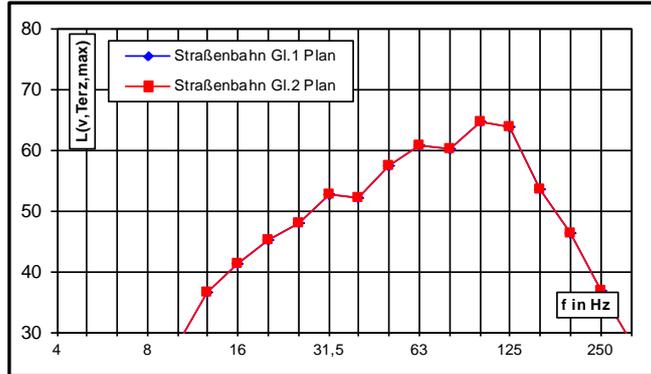
Gorkistraße 29, 04347 Leipzig		Obergeschoss, Deckenmitte	Planfall
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet	Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2 tags nachts unterer Anhaltswert A_u 0,225 0,150 oberer Anhaltswert A_o 3,00 0,60 Anhaltswert A_r 0,105 0,075
		M = Mischgebiet / Außenb.	
		G = Gewerbegebiet	
		I = Industriegebiet	
		K = besondere Gebiete	

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log (v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
 im Boden, 8 m von der Gleisachse

Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 Ist	50	0	0
Straßenbahn Gl.2 Ist	50	0	0
Straßenbahn Gl.1 Pla	50	83	10
Straßenbahn Gl.2 Pla	50	83	10

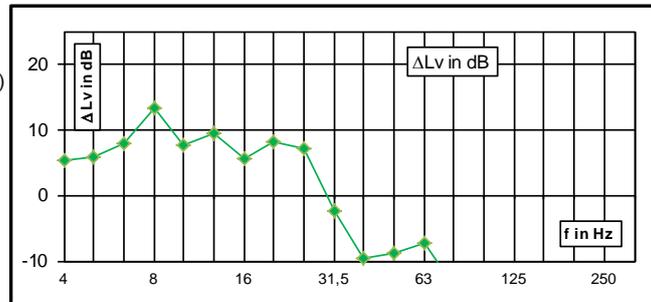
NGT10 OB Plan, April 2021



Übertragungsweg

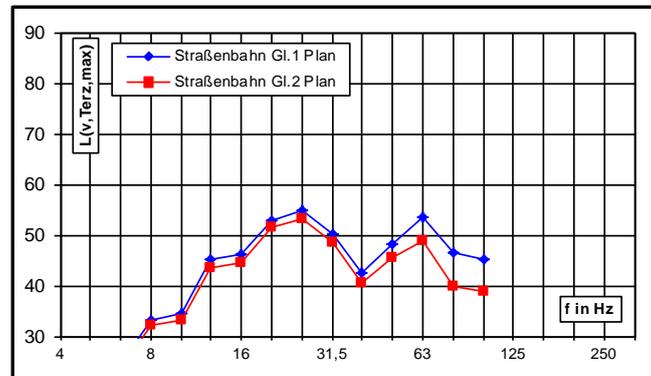
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$ in dB
 vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	
4,5 m zu	zu Gleis 1 Plan
7,3 m zu	zu Gleis 2 Plan
Deckentyp	Holzbo.-Decke DG Mess. cdf



Erschütterungs-Immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log (v / 10^{-5} \text{ mm/s})$
 auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag		
	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
-	0,00	0,00	0,00
-	0,00	0,00	0,00
Straßenbahn Gl.1 Plan	0,06	0,01	0,01
Straßenbahn Gl.2 Plan	0,04	0,01	0,00
gesamt	0,060	0,016	0,008

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
34,5	22,8	16,6

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
KB_{Fmax} > A_u	KB_{Fmax} > A_u	KB_{Fmax} > A_o	KB_{Fmax} > A_o	KB_{FTr} > A_r	KB_{FTr} > A_r
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
nein	nein	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v			
am Fundament	$v_{max} =$	0,07	mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,07	mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

Prognoseergebnisse Zusammenfassung

Gorkistraße 29, 04347 Leipzig - Erdgeschoss, Deckenmitte				Holzb.-Decke EG Mess. cdf			Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	KB _{Fmax}	KB _{FTr,Tag}	KB _{FTr,Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L _{sek,max}	L _{sek,mT}	L _{sek,mN}		
Anhaltswert A _{Nacht} , A _y nach DIN 4150-2, Tab.1	0,150	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30		
Prognoseergebnis Null-Fall	0,47	0,119	0,059	Prognoseergebnis Null-Fall	42,9	31,3	25,1		
Überschreitung Null-Fall	ja	ja	nein	Überschreitung Null-Fall	-	nein	nein		
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,08	0,019	0,010	Prognoseergebnis Plan-Fall	36,8	25,0	18,8		
Überschreitung Plan-Fall	nein	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	nein		
vorhabensbedingte Änderung $\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} =$				-84%	-84%	$\Delta L_{\text{sek,m}} =$ -6,3 dB -6,3 dB			
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Null-Fall mit NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Mockau					
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,07	0,08		Plan-Fall mit NGT10 OB Plan, April 2021					
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20		Abstand Ist: 3,5 m Abstand Plan: 4,5 m					
Überschreitung	nein	nein							

Gorkistraße 29, 04347 Leipzig - Obergeschoss, Deckenmitte				Holzb.-Decke DG Mess. cdf			Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	KB _{Fmax}	KB _{FTr,Tag}	KB _{FTr,Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L _{sek,max}	L _{sek,mT}	L _{sek,mN}		
Anhaltswert A _{Nacht} , A _y nach DIN 4150-2, Tab.1	0,150	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30		
Prognoseergebnis Null-Fall	0,35	0,090	0,044	Prognoseergebnis Null-Fall	41,9	30,2	24,1		
Überschreitung Null-Fall	ja	nein	nein	Überschreitung Null-Fall	-	nein	nein		
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,06	0,016	0,008	Prognoseergebnis Plan-Fall	34,5	22,8	16,6		
Überschreitung Plan-Fall	nein	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	nein		
vorhabensbedingte Änderung $\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} =$				-83%	-83%	$\Delta L_{\text{sek,m}} =$ -7,4 dB -7,4 dB			
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Null-Fall mit NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Mockau					
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,07	0,07		Plan-Fall mit NGT10 OB Plan, April 2021					
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20		Abstand Ist: 3,5 m Abstand Plan: 4,5 m					
Überschreitung	nein	nein							

Anhang 5.2 Prognose für Gebäude Gorkistraße 41

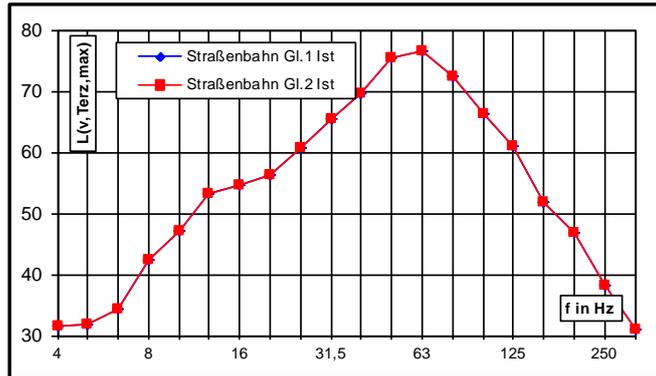
Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

Gorkistraße 41, 04347 Leipzig		Erdgeschoss, Deckenmitte		Nullfall														
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet		<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2</th> <th>tags</th> <th>nachts</th> </tr> <tr> <td>unterer Anhaltswert A_u</td> <td>0,225</td> <td>0,150</td> </tr> <tr> <td>oberer Anhaltswert A_o</td> <td>3,00</td> <td>0,60</td> </tr> <tr> <td>Anhaltswert A_r</td> <td>0,105</td> <td>0,075</td> </tr> </table>		Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2		tags	nachts	unterer Anhaltswert A_u	0,225	0,150	oberer Anhaltswert A_o	3,00	0,60	Anhaltswert A_r	0,105	0,075
	Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2		tags			nachts												
	unterer Anhaltswert A_u	0,225	0,150															
	oberer Anhaltswert A_o	3,00	0,60															
	Anhaltswert A_r	0,105	0,075															
	M = Mischgebiet / Außenb.																	
	G = Gewerbegebiet																	
	I = Industriegebiet																	
	K = besondere Gebiete																	

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
im Boden, 8 m von der Gleisachse

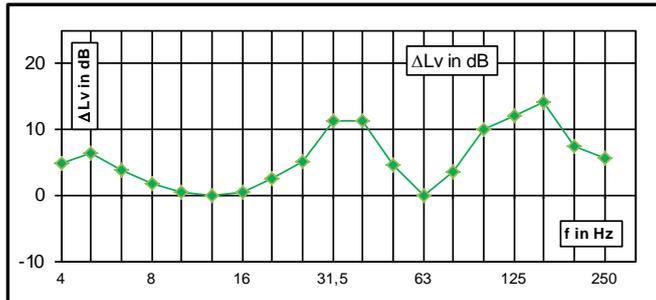
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 Ist	50	83	10
Straßenbahn Gl.2 Ist	50	83	10
NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Mockau			



Übertragungsweg

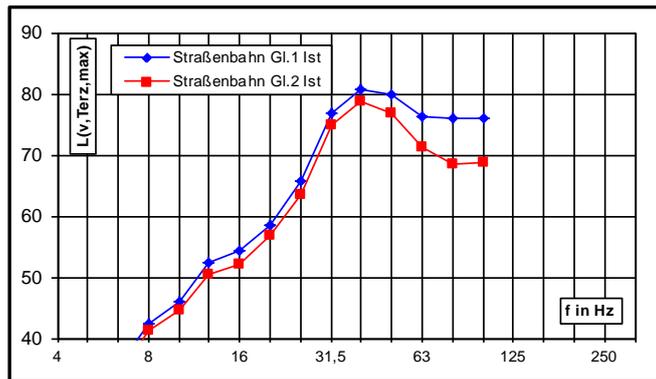
$\Delta L_v = L_v(\text{IO}) - L_v(8\text{m-MP})$ in dB
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	
3,5 m zu	zu Gleis 1
6,3 m zu	zu Gleis 2
Deckentyp: Massivdecke EG Mess. cdf	



Erschütterungs-Immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 10^{-5.5} \text{ mm/s})$
auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag		
	KB_{Fmax}	KB_{FTg}	KB_{FTn}
Straßenbahn Gl.1 Ist	1,13	0,24	0,12
Straßenbahn Gl.2 Ist	0,78	0,16	0,08
-	0,00	0,00	0,00
-	0,00	0,00	0,00
gesamt	1,13	0,29	0,14

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$	$L_{sek,m}$
	Tag	Nacht
51,6	39,6	33,4

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
KB_{Fmax}	KB_{Fmax}	KB_{Fmax}	KB_{Fmax}	KB_{FTg}	KB_{FTn}
$> A_u$	$> A_u$	$> A_o$	$> A_o$	$> A_r$	$> A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
ja	ja	nein	ja	ja	ja

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,36 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	1,21 mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

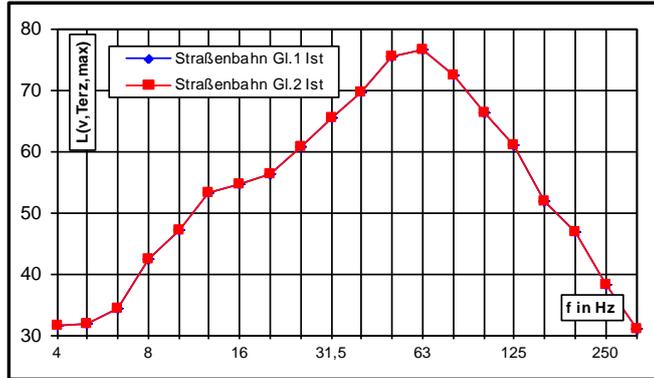
Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

Gorkistraße 41, 04347 Leipzig		Dachgeschoss, Deckenmitte		Nullfall	
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet			
		M = Mischgebiet / Außenb.			
		G = Gewerbegebiet			
		I = Industriegebiet			
		K = besondere Gebiete			
			Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2		
			unterer Anhaltswert A_U	tags	nachts
			oberer Anhaltswert A_O	3,00	0,60
			Anhaltswert A_r	0,105	0,075

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
im Boden, 8 m von der Gleisachse

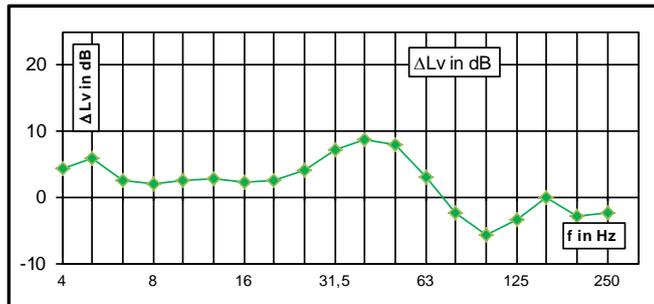
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 Ist	50	83	10
Straßenbahn Gl.2 Ist	50	83	10
NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Mockau			



Übertragungsweg

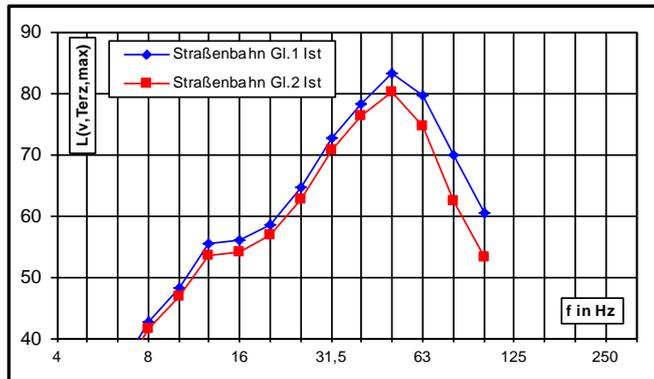
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$ in dB
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	
3,5 m zu	zu Gleis 1
6,3 m zu	zu Gleis 2
Deckentyp	Massivdecke DG Mess. cdf



Erschütterungs-immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 10^{-5} \text{ mm/s})$
auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag		
	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1 Ist	1,14	0,24	0,12
Straßenbahn Gl.2 Ist	0,79	0,16	0,08
-	0,00	0,00	0,00
-	0,00	0,00	0,00
gesamt	1,14	0,29	0,14

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
L_{sekmax}	L_{sekM} Tag	L_{sekM} Nacht
50,0	38,3	32,1

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_U$	$KB_{Fmax} > A_U$	$KB_{Fmax} > A_O$	$KB_{Fmax} > A_O$	$KB_{FTr} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
ja	ja	nein	ja	ja	ja

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,36 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	1,22 mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3	
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s nein
Deckenschw ingungen, vertikal	20 mm/s nein

Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

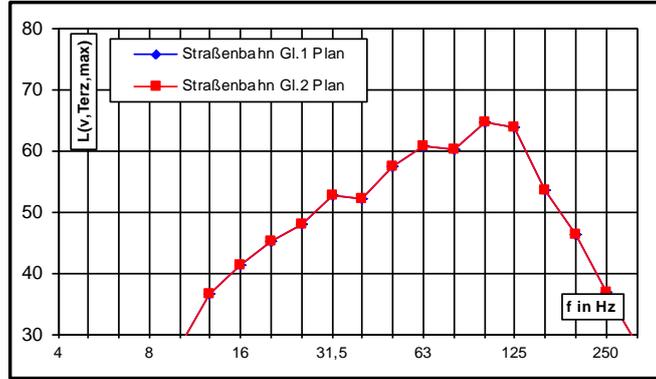
Gorkistraße 41, 04347 Leipzig		Erdgeschoss, Deckenmitte		Planfall	
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet			
		M = Mischgebiet / Außenb.			
		G = Gewerbegebiet			
		I = Industriegebiet			
		K = besondere Gebiete			
			Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2		
			unterer Anhaltswert A_u	tags	0,225
			oberer Anhaltswert A_o	nachts	0,60
			Anhaltswert A		0,105
					0,075

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log (v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
im Boden, 8 m von der Gleisachse

Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 Pla	50	83	10
Straßenbahn Gl.2 Pla	50	83	10

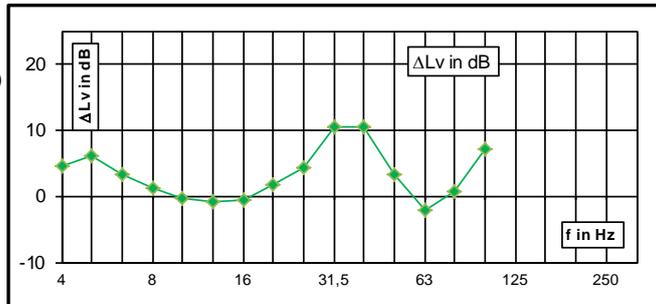
NGT10 OB Plan, April 2021



Übertragungsweg

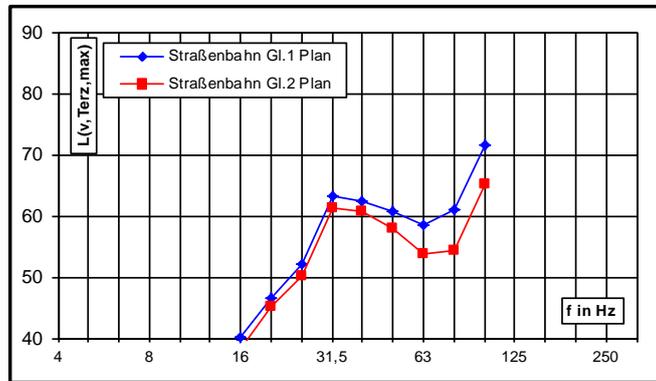
$\Delta L_v = L_v(\text{IO}) - L_v(8\text{m-MP})$ in dB
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	
4,5 m zu	zu Plan Gleis 1
7,3 m zu	zu Plan Gleis 2
Deckentyp	Massivdecke EG Mess. cdf



Erschütterungs-Immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log (v / 10^{-5} \text{ mm/s})$
auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag		
	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1 Plan	0,27	0,06	0,03
Straßenbahn Gl.2 Plan	0,15	0,03	0,02
gesamt	0,27	0,06	0,03

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
47,4	35,2	29,1

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{FTr} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
ja	ja	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,07 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,27 mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschw. ingungen, vertikal	20 mm/s	nein

Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

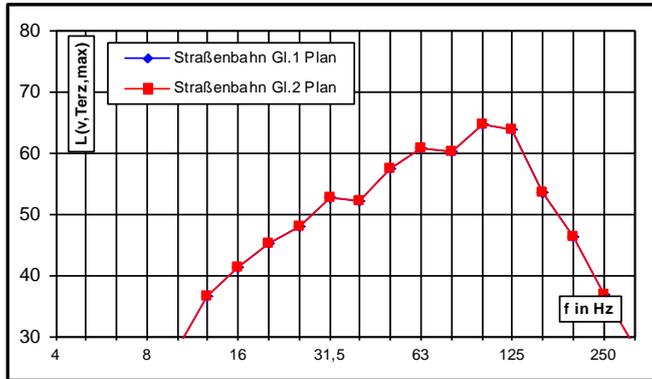
Gorkistraße 41, 04347 Leipzig		Dachgeschoss, Deckenmitte	Planfall
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet	Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2 tags nachts unterer Anhaltswert A_u 0,225 0,150 oberer Anhaltswert A_o 3,00 0,60 Anhaltswert A 0,105 0,075
		M = Mischgebiet / Außenb.	
		G = Gewerbegebiet	
		I = Industriegebiet	
		K = besondere Gebiete	

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log (v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
 im Boden, 8 m von der Gleisachse

Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 Pla	50	83	10
Straßenbahn Gl.2 Pla	50	83	10

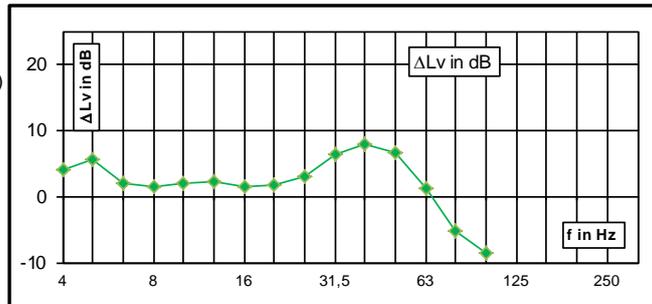
NGT10 OB Plan, April 2021



Übertragungsweg

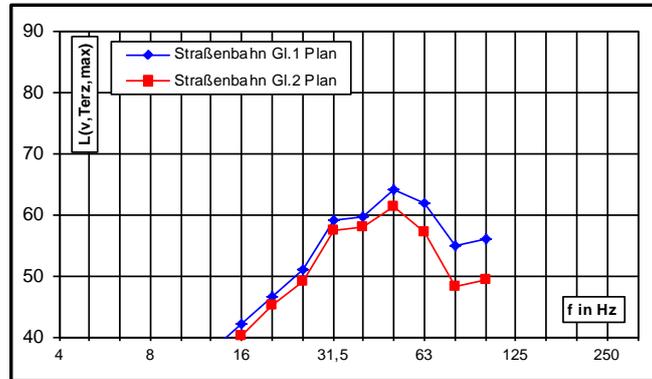
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$ in dB
 vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	
4,5 m zu	zu Plan Gleis 1
7,3 m zu	zu Plan Gleis 2
Deckentyp	Massivdecke DG Mess. cdf



Erschütterungs-Immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log (v / 10^{-5} \text{ mm/s})$
 auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag		
	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1 Plan	0,15	0,03	0,02
Straßenbahn Gl.2 Plan	0,10	0,02	0,01
gesamt	0,15	0,04	0,02

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
40,4	28,6	22,4

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{FTr} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
nein	nein	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$ 0,07	mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$ 0,16	mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

Prognoseergebnisse

Zusammenfassung

Gorkistraße 41, 04347 Leipzig - Erdgeschoss, Deckenmitte				Massivdecke EG Mess. cdf	Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	KB _{Fmax}	KB _{FTr,Tag}	KB _{FTr,Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L _{sek,max}	L _{sek,mT}	L _{sek,mN}
Anhaltswert A _{Nacht} , A _y nach DIN 4150-2, Tab.1	0,150	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Prognoseergebnis Null-Fall	1,13	0,286	0,140	Prognoseergebnis Null-Fall	51,6	39,6	33,4
Überschreitung Null-Fall	ja	ja	ja	Überschreitung Null-Fall	-	nein	ja
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,27	0,064	0,031	Prognoseergebnis Plan-Fall	47,4	35,2	29,1
Überschreitung Plan-Fall	ja	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	nein
vorhabensbedingte Änderung $\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} =$					$\Delta L_{\text{sek,m}} =$		
		-78%	-78%		-4,3 dB -4,3 dB		
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Null-Fall mit NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Mockau			
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,07	0,27		Plan-Fall mit NGT10 OB Plan, April 2021			
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20		Abstand Ist: 3,5 m Abstand Plan: 4,5 m			
Überschreitung	nein	nein					

Gorkistraße 41, 04347 Leipzig - Dachgeschoss, Deckenmitte				Massivdecke DG Mess. cdf	Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	KB _{Fmax}	KB _{FTr,Tag}	KB _{FTr,Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L _{sek,max}	L _{sek,mT}	L _{sek,mN}
Anhaltswert A _{Nacht} , A _y nach DIN 4150-2, Tab.1	0,150	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Prognoseergebnis Null-Fall	1,14	0,289	0,142	Prognoseergebnis Null-Fall	50,0	38,3	32,1
Überschreitung Null-Fall	ja	ja	ja	Überschreitung Null-Fall	-	nein	ja
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,15	0,038	0,018	Prognoseergebnis Plan-Fall	40,4	28,6	22,4
Überschreitung Plan-Fall	nein	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	nein
vorhabensbedingte Änderung $\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} =$					$\Delta L_{\text{sek,m}} =$		
		-87%	-87%		-9,7 dB -9,7 dB		
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Null-Fall mit NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Mockau			
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,07	0,16		Plan-Fall mit NGT10 OB Plan, April 2021			
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20		Abstand Ist: 3,5 m Abstand Plan: 4,5 m			
Überschreitung	nein	nein					

Anhang 5.3 Prognose für Gebäude mit größter Annäherung

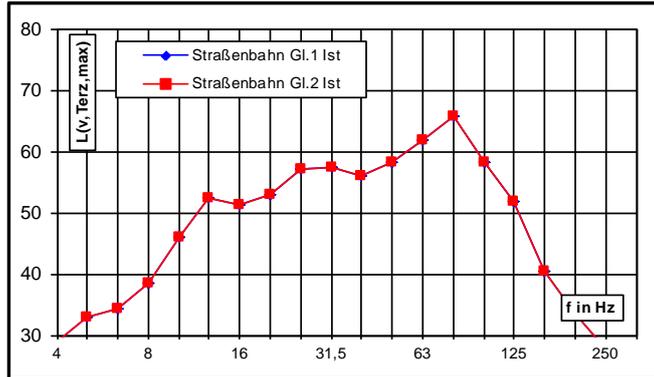
Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

Gorkistraße 52, 04347 Leipzig		Erdgeschoss, Deckenmitte		Nullfall			
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet		Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts	
		M = Mischgebiet / Außenb.			unterer Anhaltswert A_u	0,225	0,150
		G = Gewerbegebiet			oberer Anhaltswert A_o	3,00	0,60
		I = Industriegebiet			Anhaltswert A_f	0,105	0,075
		K = besondere Gebiete					

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
im Boden, 8 m von der Gleisachse

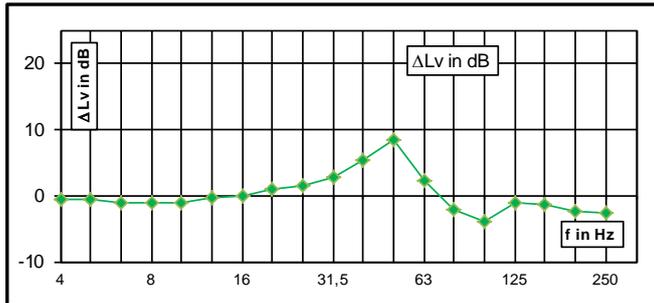
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 Ist	50	83	10
Straßenbahn Gl.2 Ist	50	83	10
NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Lausen			



Übertragungsweg

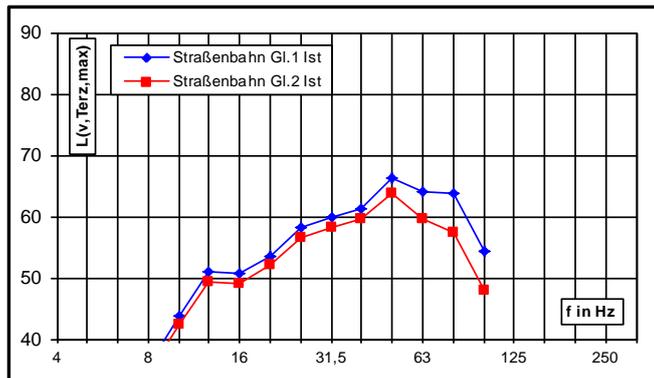
$\Delta L_v = L_v(\text{IO}) - L_v(\text{8m-MP})$ in dB
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand		
6,0 m zu	zu Gleis 1	
8,8 m zu	zu Gleis 2	
Deckentyp		Holzbalkendecke 50 Hz



Erschütterungs-Immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 10^{-5} \text{ mm/s})$
auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag		
	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1 Ist	0,21	0,04	0,02
Straßenbahn Gl.2 Ist	0,14	0,03	0,01
-	0,00	0,00	0,00
-	0,00	0,00	0,00
gesamt	0,21	0,05	0,03

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
40,8	29,1	23,0

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
KB_{Fmax} > A_u	KB_{Fmax} > A_u	KB_{Fmax} > A_o	KB_{Fmax} > A_o	KB_{FTr} > A_f	KB_{FTr} > A_f
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
nein	ja	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,08 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,22 mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

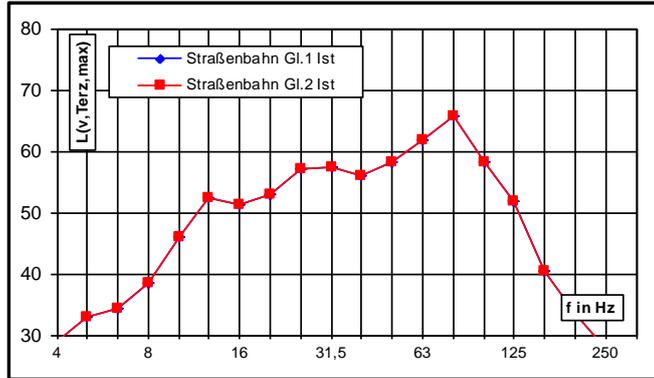
Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

Gorkistraße 52, 04347 Leipzig		Dachgeschoss, Deckenmitte		Nullfall	
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet			
		M = Mischgebiet / Außenb.			
		G = Gewerbegebiet			
		I = Industriegebiet			
		K = besondere Gebiete			
			Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2		
			unterer Anhaltswert A_U	tags	nachts
			oberer Anhaltswert A_O	3,00	0,60
			Anhaltswert A_r	0,105	0,075

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log (v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
im Boden, 8 m von der Gleisachse

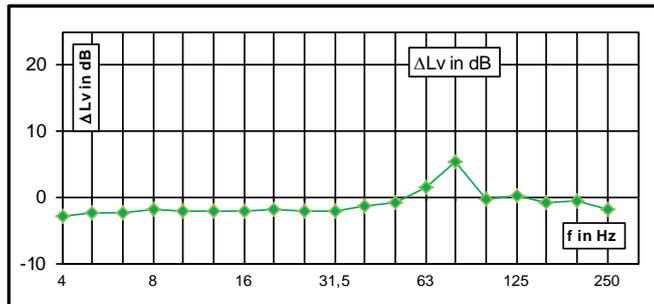
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 Ist	50	83	10
Straßenbahn Gl.2 Ist	50	83	10
NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Lausen			



Übertragungsweg

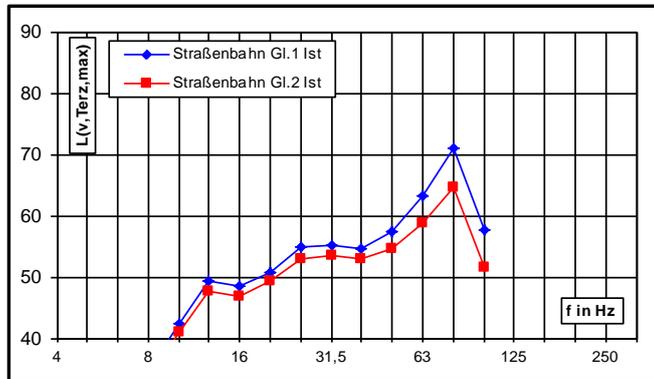
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$ in dB
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	
6,0 m zu	zu Gleis 1
8,8 m zu	zu Gleis 2
Deckentyp	Massivdecke 80 Hz



Erschütterungs-immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log (v / 10^{-5.5} \text{ mm/s})$
auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag		
	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1 Ist	0,24	0,05	0,02
Straßenbahn Gl.2 Ist	0,13	0,03	0,01
-	0,00	0,00	0,00
-	0,00	0,00	0,00
gesamt	0,24	0,06	0,03

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
L_{sekmax}	L_{sekM} Tag	L_{sekM} Nacht
45,4	33,3	27,1

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_U$	$KB_{Fmax} > A_U$	$KB_{Fmax} > A_O$	$KB_{Fmax} > A_O$	$KB_{FTr} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
ja	ja	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,08 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,24 mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

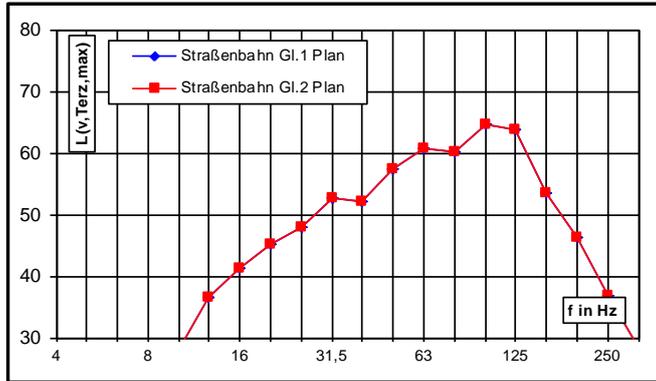
Gorkistraße 52, 04347 Leipzig		Erdgeschoss, Deckenmitte	Planfall		
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet	Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2		
		M = Mischgebiet / Außenb.		tags	
		G = Gewerbegebiet		nachts	
		I = Industriegebiet			
		K = besondere Gebiete	unterer Anhaltswert A_u	0,225	0,150
			oberer Anhaltswert A_o	3,00	0,60
			Anhaltswert A_r	0,105	0,075

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
im Boden, 8 m von der Gleisachse

Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 Pla	50	83	10
Straßenbahn Gl.2 Pla	50	83	10

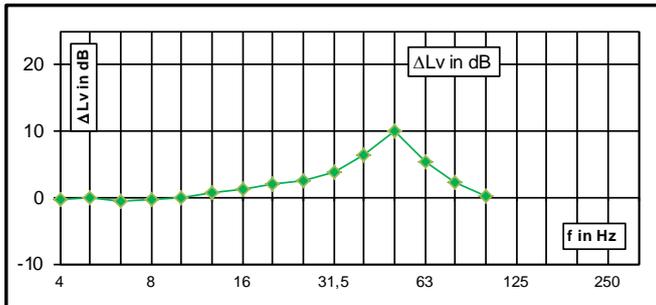
NGT10 OB Plan, April 2021



Übertragungsweg

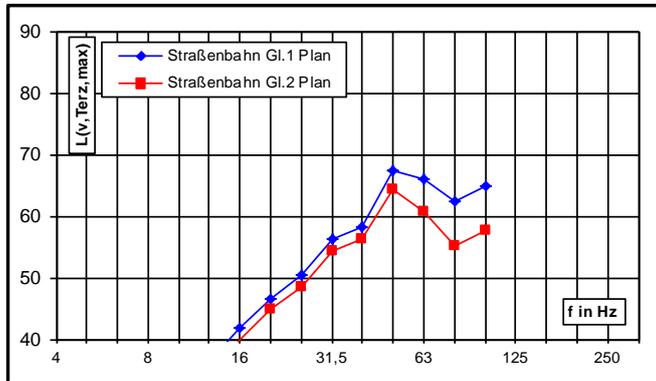
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$ in dB
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	
4,5 m zu	zu Plan Gleis 1
7,3 m zu	zu Plan Gleis 2
Deckentyp	Holzbalkendecke 50 Hz



Erschütterungs-Immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 10^{-5} \text{ mm/s})$
auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag		
	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1 Plan	0,22	0,05	0,02
Straßenbahn Gl.2 Plan	0,14	0,03	0,01
gesamt	0,22	0,05	0,03

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
42,4	30,5	24,4

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
KB_{Fmax}	KB_{Fmax}	KB_{Fmax}	KB_{Fmax}	KB_{FTr}	KB_{FTr}
$> A_u$	$> A_u$	$> A_o$	$> A_o$	$> A_r$	$> A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
nein	ja	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v			
am Fundament	$v_{max} =$	0,08	mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,23	mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschw. in genen, vertikal	20 mm/s	nein

Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

Gorkistraße 52, 04347 Leipzig	Dachgeschoss, Deckenmitte	Planfall
--------------------------------------	---------------------------	----------

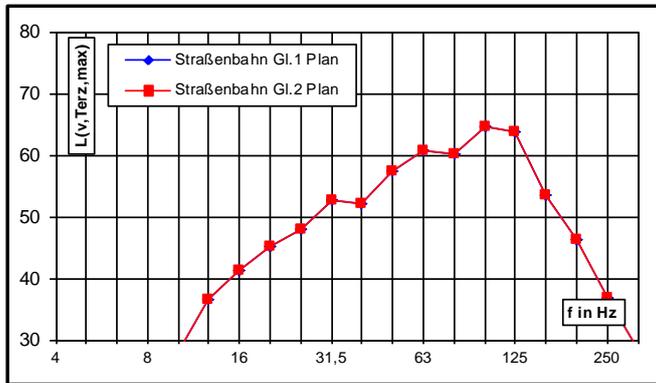
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet
		M = Mischgebiet / Außenb.
		G = Gewerbegebiet
		I = Industriegebiet
		K = besondere Gebiete

Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts
unterer Anhaltswert A_u	0,225	0,150
oberer Anhaltswert A_o	3,00	0,60
Anhaltswert A	0,105	0,075

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
im Boden, 8 m von der Gleisachse

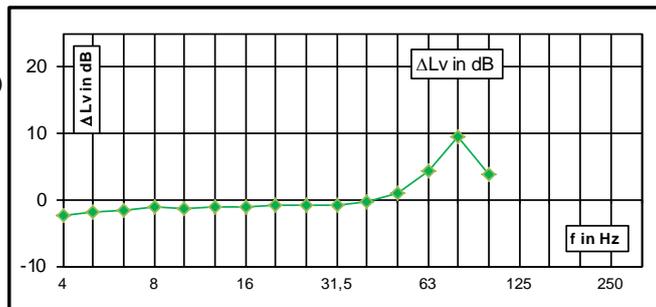
Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 Pla	50	83	10
Straßenbahn Gl.2 Pla	50	83	10
NGT10 OB Plan, April 2021			



Übertragungsweg

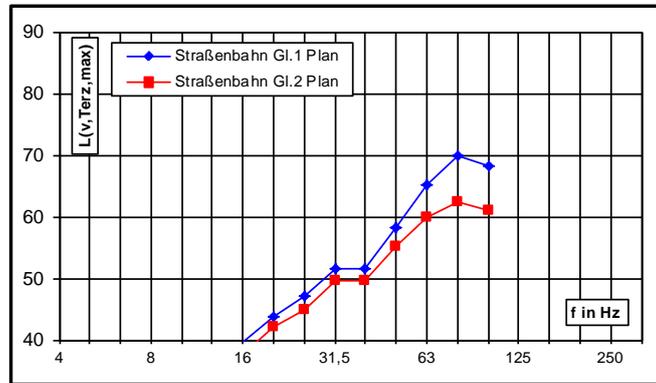
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$ in dB
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	
4,5 m zu	zu Plan Gleis 1
7,3 m zu	zu Plan Gleis 2
Deckentyp	Massivdecke 80 Hz



Erschütterungs-Immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 10^{-5} \text{ mm/s})$
auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag		
	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1 Plan	0,26	0,05	0,03
Straßenbahn Gl.2 Plan	0,12	0,03	0,01
gesamt	0,26	0,06	0,03

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
46,7	34,5	28,3

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{FTr} > A_T$	$KB_{FTr} > A_T$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
ja	ja	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v			
am Fundament	$v_{max} =$	0,08	mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,25	mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschw. ingungen, vertikal	20 mm/s	nein

Prognoseergebnisse

Zusammenfassung

Gorkistraße 52, 04347 Leipzig - Erdgeschoss, Deckenmitte				Holzbalkendecke	Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	KB _{Fmax}	KB _{FTR,Tag}	KB _{FTR,Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L _{sek,max}	L _{sek,mT}	L _{sek,mN}
Anhaltswert A _{UNacht} , A _y nach DIN 4150-2, Tab.1	0,150	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Prognoseergebnis Null-Fall	0,21	0,052	0,026	Prognoseergebnis Null-Fall	40,8	29,1	23,0
Überschreitung Null-Fall	ja	nein	nein	Überschreitung Null-Fall	-	nein	nein
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,22	0,055	0,027	Prognoseergebnis Plan-Fall	42,4	30,5	24,4
Überschreitung Plan-Fall	ja	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	nein
vorhabensbedingte Änderung $\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} =$					$\Delta L_{\text{sek,m}} =$		
		+4%	+4%		+1,4 dB +1,4 dB		
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Null-Fall mit NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Lausen			
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,08	0,23		Plan-Fall mit NGT10 OB Plan, April 2021			
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20		Abstand Ist: 6,0 m Abstand Plan: 4,5 m			
Überschreitung	nein	nein					

Gorkistraße 52, 04347 Leipzig - Dachgeschoss, Deckenmitte				Massivdecke 80 Hz	Gebiet: W		
Bewertete Schwingstärke KB	KB _{Fmax}	KB _{FTR,Tag}	KB _{FTR,Nacht}	Sekundärer Luftschall in dB(A)	L _{sek,max}	L _{sek,mT}	L _{sek,mN}
Anhaltswert A _{UNacht} , A _y nach DIN 4150-2, Tab.1	0,150	0,105	0,075	Richtwert i. Anl. an 24. BImSchV	-	40	30
Prognoseergebnis Null-Fall	0,24	0,056	0,028	Prognoseergebnis Null-Fall	45,4	33,3	27,1
Überschreitung Null-Fall	ja	nein	nein	Überschreitung Null-Fall	-	nein	nein
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,26	0,060	0,029	Prognoseergebnis Plan-Fall	46,7	34,5	28,3
Überschreitung Plan-Fall	ja	nein	nein	Überschreitung Plan-Fall	-	nein	nein
vorhabensbedingte Änderung $\Delta(KB)_{\text{Tag/Nacht}} =$					$\Delta L_{\text{sek,m}} =$		
		+6%	+6%		+1,2 dB +1,2 dB		
Schwinggeschwindigkeit v_{max} in mm/s	Fundam.	Decke		Grundlage: Null-Fall mit NGT10 OB Ist, März 2021 Ri.Lausen			
Prognoseergebnis Plan-Fall	0,08	0,25		Plan-Fall mit NGT10 OB Plan, April 2021			
Anhaltswert nach DIN 4150-3	5	20		Abstand Ist: 6,0 m Abstand Plan: 4,5 m			
Überschreitung	nein	nein					

Anhang 5.4 Prognose für Einwirkungsbereich - Gebäude

Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

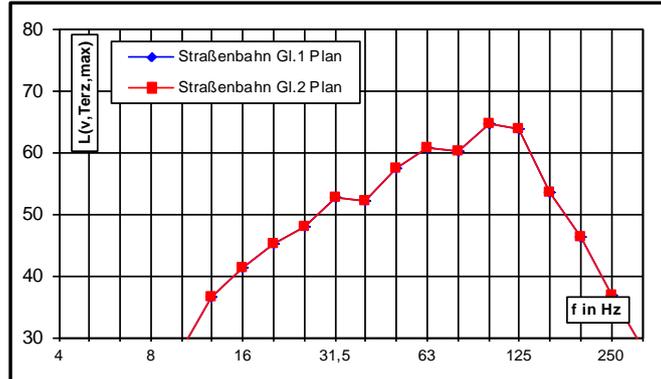
Gorkistraße, 04347 Leipzig (Einwirkungsbereich)		Dachgeschoss, Deckenmitte	Planfall			
Gebietstyp	W	W = Wohngebiet	Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2			
		M = Mischgebiet / Außenb.		tags		
		G = Gewerbegebiet		nachts		
		I = Industriegebiet		unterer Anhaltswert A_u	0,225	0,150
		K = besondere Gebiete		oberer Anhaltswert A_o	3,00	0,60
			Anhaltswert A_r	0,105	0,075	

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
im Boden, - m von der Gleisachse

Emissionsspektrum	Zugtyp	v in km/h	Anzahl Züge	
			Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 Pla	50	83	10	
Straßenbahn Gl.2 Pla	50	83	10	

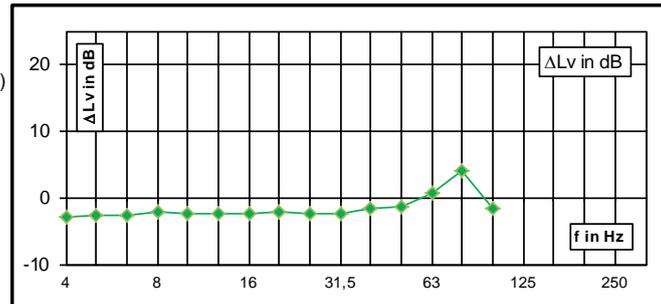
NGT10 OB Plan, April 2021



Übertragungsweg

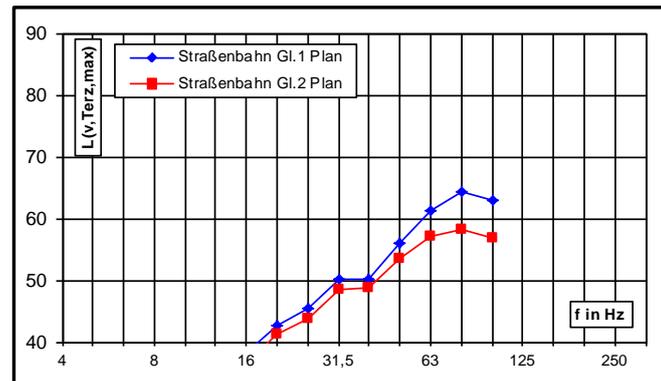
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$ in dB
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand		
10,0 m zu	zu Plan Gleis 1	
12,8 m zu	zu Plan Gleis 2	
Deckentyp	Massivdecke extrapol. 80 Hz	



Erschütterungs-Immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 10^{-5} \text{ mm/s})$
auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag		
	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1 Plan	0,15	0,03	0,02
Straßenbahn Gl.2 Plan	0,08	0,02	0,01
gesamt	0,15	0,04	0,02

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
43,5	31,5	25,3

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{Fmax} > A_o$	$KB_{FTr} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
nein	nein	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,05 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,15 mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

Erschütterungsprognose - Straßenbahnverkehr

Gorkistraße, 04347 Leipzig (Einwirkungsbereich)		Erdgeschoss, Deckenmitte	Planfall
--	--	--------------------------	----------

Gebietstyp	W	W = Wohngebiet
	M	M = Mischgebiet / Außenb.
	G	G = Gewerbegebiet
	I	I = Industriegebiet
	K	K = besondere Gebiete

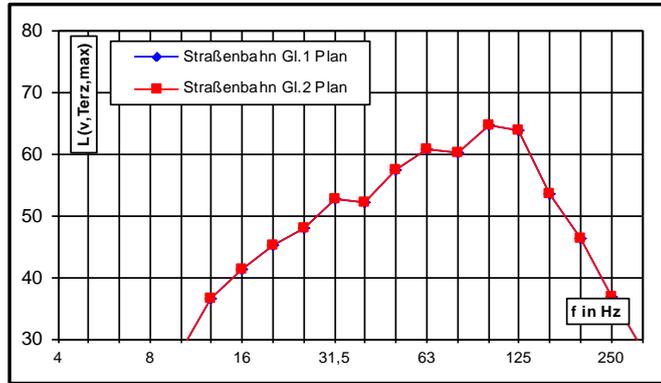
Anhaltswerte nach DIN 4150-2/A2	tags	nachts
unterer Anhaltswert A_U	0,225	0,150
oberer Anhaltswert A_O	3,00	0,60
Anhaltswert A_r	0,105	0,075

Anregung/Quelle

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 5 \cdot 10^{-5} \text{ mm/s})$
im Boden, - m von der Gleisachse

Emissionsspektrum		Anzahl Züge	
Zugtyp	v in km/h	Tag	Nacht
Straßenbahn Gl.1 Pla	50	83	10
Straßenbahn Gl.2 Pla	50	83	10

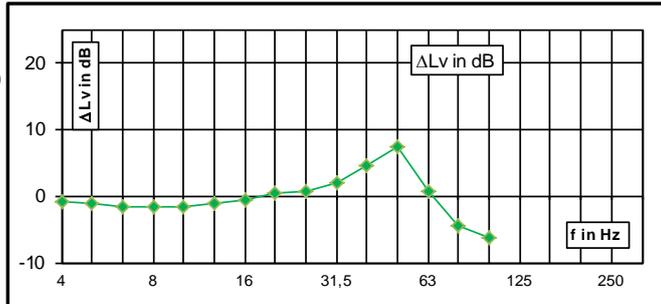
NGT10 OB Plan, April 2021



Übertragungsweg

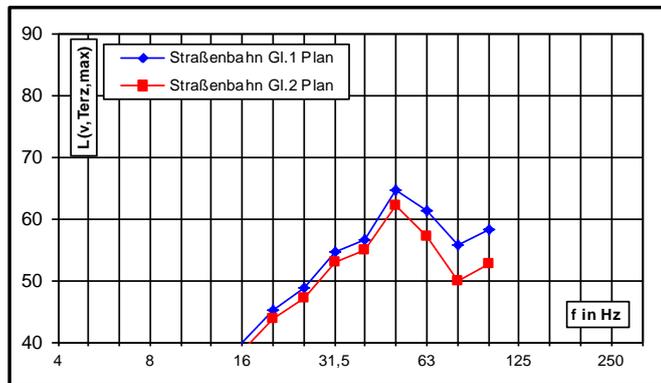
$\Delta L_v = L_v(10) - L_v(8m-MP)$ in dB
vom 8 m-Punkt Gl.1 zum Gebäude (Geschossdecke)

Gebäudeabstand	
10,5 m zu	zu Plan Gleis 1
13,3 m zu	zu Plan Gleis 2
Deckentyp	Holzbalkendecke 50 Hz



Erschütterungs-Immission

Terzspektrum, $L_v = 20 \log(v / 10^{-5} \text{ mm/s})$
auf der Geschossdecke, vertikal



	Bewertete Schwingstärke KB inkl. +15% Unsicherheitszuschlag		
	KB_{Fmax}	KB_{FTr} Tag	KB_{FTr} Nacht
Straßenbahn Gl.1 Plan	0,14	0,03	0,01
Straßenbahn Gl.2 Plan	0,10	0,02	0,01
gesamt	0,14	0,04	0,02

Sekundärer Luftschall in dB(A)		
$L_{sek,max}$	$L_{sek,m}$ Tag	$L_{sek,m}$ Nacht
39,7	28,1	22,0

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2					
$KB_{Fmax} > A_U$	$KB_{Fmax} > A_U$	$KB_{Fmax} > A_O$	$KB_{Fmax} > A_O$	$KB_{FTr} > A_r$	$KB_{FTr} > A_r$
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
nein	nein	nein	nein	nein	nein

Maximale Schwinggeschwindigkeit v		
am Fundament	$v_{max} =$	0,05 mm/s
auf der Geschossdecke	$v_{max} =$	0,15 mm/s

Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Wohngebäude und ähnliche, Fund.	5 mm/s	nein
Deckenschwingungen, vertikal	20 mm/s	nein

Mindestabstände für $KB_{Fmax} \leq A_U(\text{Nacht})$: **10,0 m** Massivdecke / **10,5 m** Holzbalkendecke

Schutzbedürftige Gebäude im Einwirkungsbereich von Straßenbahn-Erschütterungen

"X": Anhaltswert A_u (Nacht) nach DIN 4150-3 im Plan-Zustand durch KB_{Fmax} erreicht oder überschritten, oder $L_{sek,m,Nacht} > 30$ dB(A)

d_{min} = kürzester Abstand Gebäude - nächstgelegene Gleisachse, Angaben mit Genauigkeit 0,5 m

$d_{min, Plan}$	$d_{min, Ist}$	Änderung	Gebäude liegt im Einwirkungsbereich für Deckentyp:		Straße, Haus-Nr.	Gebiets-einstufung, Nutzung
			Holzbalken	massiv		
in m	in m	in m				
16,5	16,5	+0,0	-	-	Gorkistraße 25 (Schule)	WA-T ¹⁾
8,0	8,0	+0,0	X	X	Gorkistraße 26+28	WA
7,0	7,5	-0,5	X	X	Gorkistraße 30	WA
5,0	6,5	-1,5	X	X	Gorkistraße 32 / Schreiberstraße 4	WA
4,5	3,5	+1,0	X	X	Gorkistraße 27	WA
4,5	3,5	+1,0	X	X	Gorkistraße 29	WA
4,5	3,5	+1,0	X	X	Gorkistraße 31	WA
4,5	3,5	+1,0	X	X	Gorkistraße 33	WA
4,5	3,5	+1,0	X	X	Gorkistraße 35	WA
4,5	3,5	+1,0	X	X	Gorkistraße 37	WA
4,5	3,5	+1,0	X	X	Gorkistraße 41	WA
4,5	3,5	+1,0	X	X	Gorkistraße 45	WA
4,5	3,5	+1,0	X	X	Gorkistraße 47	WA
4,5	3,5	+1,0	X	X	Gorkistraße 49	WA
4,5	3,5	+1,0	X	X	Gorkistraße 51	WA
15,5	17,0	-1,5	-	-	Gorkistraße 38 (Büro/Gewerbe)	WA-T ¹⁾
5,5	7,0	-1,5	X	X	Gorkistraße 42	WA
5,5	7,0	-1,5	X	X	Gorkistraße 48	WA
5,0	6,5	-1,5	X	X	Gorkistraße 50	WA
4,5	6,0	-1,5	X	X	Gorkistraße 52	WA
4,5	6,0	-1,5	X	X	Löbauer Straße 51	WA

¹⁾ Schutzanspruch entsprechend der augenscheinlichen Nutzung nur am Tage

Anhang 6 Lageplan des Einwirkungsbereiches ($KB_{Fmax} > A_u$) Erschütterungs-Einwirkungsbereich, Blatt 1

